



**UFAM**

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS – UFAM

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO – PPGEP

MESTRADO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO



**PPGEP**  
Programa de Pós-graduação  
em Engenharia de produção

INDÚSTRIA 4.0: PERSPECTIVAS PARA O POLO INDUSTRIAL DE MANAUS

LUIZ FREDERICO OLIVEIRA DE AGUIAR

MANAUS

2022

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS – UFAM  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO – PPGE  
MESTRADO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

LUIZ FREDERICO OLIVEIRA DE AGUIAR

INDÚSTRIA 4.0: PERSPECTIVAS PARA O POLO INDUSTRIAL DE MANAUS

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal do Amazonas, como parte do requisito para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção, área de concentração: Indústria 4.0.

Orientador: Armando Araújo de Souza Júnior, Dr.

MANAUS

2022

## Ficha Catalográfica

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

A282i Aguiar, Luiz Frederico Oliveira de  
Indústria 4.0: perspectivas para o polo industrial de Manaus / Luiz  
Frederico Oliveira de Aguiar . 2022  
92 f.: 31 cm.

Orientador: Armando Araújo de Souza Júnior  
Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) -  
Universidade Federal do Amazonas.

1. Polo Industrial de Manaus. 2. Indústria 4.0. 3. Política pública.  
4. Análise de Lacunas. I. Souza Júnior, Armando Araújo de. II.  
Universidade Federal do Amazonas III. Título

LUIZ FREDERICO OLIVEIRA DE AGUIAR

INDÚSTRIA 4.0: PERSPECTIVAS PARA O POLO INDUSTRIAL DE MANAUS

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal do Amazonas, como parte do requisito para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção, na área de concentração: Indústria 4.0.

Aprovada em 09 de Setembro de 2022.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Armando Araújo de Souza Júnior, Presidente  
Universidade Federal do Amazonas – UFAM

Prof. Dr. Marcelo Albuquerque de Oliveira, Membro  
Universidade Federal do Amazonas – UFAM

Prof. Dr. Sandro Breval Santiago, Membro  
Universidade Federal do Amazonas – UFAM

Prof. Manoel Carlos de Oliveira Junior, Membro Externo  
Universidade Federal do Amazonas – UFAM

A utopia é, provavelmente, um dispositivo social necessário para gerar esforços sobre-humanos sem os quais nenhuma grande revolução é alcançada.

Eric Hobsbawm

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente, eu agradeço a Deus pela boa, perfeita e agradável oportunidade que me deu em vivenciar esta experiência de realizar este mestrado em engenharia de produção na Universidade Federal do Amazonas – UFAM.

A minha amada esposa, Taira Cristina Pimentel de Aguiar, pelo amor, pelo apoio incondicional e pela compreensão durante todo o período do mestrado em que ela esteve cuidando, por várias vezes sozinha, de nossa casa e de nossa filha amada Ellie Tiê Pimentel de Aguiar enquanto eu estava pesquisando e escrevendo esta dissertação de mestrado.

Agradeço a minha família, mais em especial aos meus pais Elane Cristina Melo de Oliveira e Emmanuel Ribeiro Sales de Aguiar, que sempre estiveram me apoiando e me proporcionando a melhor formação intelectual e cultural possível que foram fundamentais para que eu tivesse base para realizar este mestrado. À vovó Rosalina Ribeiro (*in memoriam*), que sempre foi minha referência de afeto maternal, exemplo de mulher para enfrentar todos os desafios impostos pela sociedade de sua época. Ao meu tio Geraldo Vieira da Costa (*in memoriam*) pelo carinho e pelo exemplo de professor e de pesquisador que ele sempre me proporcionou enquanto professor da UFAM.

Ao meu melhor amigo, Adib Mamed Assi (*in memoriam*), por me apoiar, por acreditar no meu potencial, por ser um amigo fiel e um conselheiro incansável ante meus sucessivos erros e por me acompanhar, por torcer por mim e por se alegrar com minhas conquistas, ainda que espiritualmente.

Ao William Taveira Campêlo, o *Big Joe* (*in memoriam*), amigo falecido vítima da pandemia que acometeu a todos no período deste mestrado, em nome de quem, agradeço a todos os meus amigos que sempre me incentivaram e cobraram a conclusão dessa dissertação e por compartilharem comigo a alegria desta conquista.

Ao meu professor, irmão e orientador Armando Araújo de Souza Júnior por, além de me orientar no trabalho da dissertação, ser meu irmão, sempre compreensivo com as minhas diversas questões, por confiar na minha capacidade de conclusão da dissertação, pela disponibilidade imediata em tratar das correções e realizar reuniões virtuais e por ter compartilhado seus conhecimentos e sua experiência acadêmica comigo, que foram fundamentais para que eu apresentasse um trabalho justo e perfeito do ponto de vista ético e metodológico.

Aos professores do Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção da UFAM, pelas aulas ministradas e por todo o conhecimento compartilhado com os alunos do mestrado.

Agradeço aos colegas de aula, que também são meus colegas de trabalho, pois tivemos a oportunidade e, talvez o privilégio, de estudarmos somente pela modalidade virtual e de trocarmos conhecimentos e experiências *online* durante a pandemia do COVID-19.

Agradeço à UFAM pela oportunidade de estar conquistando esta titulação, pelo apoio dos gestores, em especial ao Reitor Prof. Dr. Sylvio Puga e ao Coordenador do PPGEP Dr. Marcelo Albuquerque de Oliveira, pelo incentivo e confiança.

Agradeço à SUFRAMA pela oportunidade de me proporcionar este mestrado em engenharia de produção, entidade na qual trabalho e exerço minhas atividades com muita dedicação, seriedade e amor.

Às servidoras da UFAM Lorena Cristier e Thayane Amaral, pelo apoio e por, incansavelmente, ajudar com as dúvidas acerca dos detalhes do programa para que pudéssemos terminar este mestrado.

Aos meus colegas de trabalho, os servidores públicos federais Abelardo Rodrigues da Costa Junior e Ana Maria Oliveira de Souza, ambos referências profissionais para mim, agradeço ao primeiro pelo auxílio fundamental durante o processo de levantamento de dados desta pesquisa e, à segunda, pela confiança e respeito ao meu trabalho.

Aos que eu não citei, mas que direta e indiretamente me ajudaram e me motivaram a conquistar esta titulação que eu tanto almejei para minha vida acadêmica e profissional.

Desejo a todos a realização de um sonho, pois é uma das sensações mais gratificantes que existe. Eu sempre sonhei com um Mestrado em universidade pública federal de qualidade e realizei. Que todos os brasileiros tenham também direito de sonhar com isto!

## RESUMO

Este trabalho estuda as perspectivas para a construção de uma política de desenvolvimento da indústria que se adeque às exigências da quarta revolução industrial na Zona Franca de Manaus. Por isso, tem como objetivo principal investigar os direcionadores para o desenvolvimento da Indústria 4.0 no Polo Industrial de Manaus - PIM, tendo como objetivos específicos: identificar quais são as políticas públicas vigentes e relacionadas ao desenvolvimento da Indústria 4.0; realizar um diagnóstico junto as empresas instaladas no PIM em relação ao atual estágio de desenvolvimento da Indústria 4.0 e apresentar proposições para a adoção de políticas públicas de transição para a Indústria 4.0 no PIM. Com base nos dados documentais levantados e no diagnóstico realizado junto às empresas – selecionadas na amostra do estudo que representam os principais subsetores do PIM considerando o faturamento, o investimento e a mão-de-obra –, foi realizada a análise dos dados coletados por meio da pesquisa *survey* e a análise de *gap*. A definição do método de análise de lacunas permitiu identificar a “situação atual” das indústrias e o que elas “deveriam ser”. Neste método, o objeto estudado é analisado de modo a evidenciar as lacunas que o impedem de chegar a situação desejada. Os resultados evidenciam *gaps* na política pública vigente, tais como as lacunas de expectativa e de governança até as lacunas de estratégia e na infraestrutura de inovação que dificultam o desenvolvimento da manufatura avançada na região.

Palavras-chave: Polo Industrial de Manaus; Indústria 4.0; Política Pública; Análise de Lacunas.



## ABSTRACT

This work studies the perspectives for the construction of an industry development policy that fits the requirements of the fourth industrial revolution in the Manaus Free Trade Zone. Therefore, its main objective is to investigate the drivers for the development of Industry 4.0 in the Manaus Industrial Pole - MIP, having as specific objectives: to identify which are the current public policies and related to the development of Industry 4.0; carry out a diagnosis with the companies installed in the MIP in relation to the current stage of development of Industry 4.0 and present proposals for the adoption of public policies for the transition to Industry 4.0 in the MIP. Based on the documentary data collected and on the diagnosis carried out with the companies – selected in the study sample that represent the main subsectors of the MIP considering revenue, investment and labor –, the analysis of the data collected through of *survey* research and *gap analysis*. The definition of the gap analysis method made it possible to identify the “current situation” of the industries and what they “should be”. In this method, the object studied is analyzed in order to highlight the gaps that prevent it from reaching the desired situation. The results show gaps in current public policy, such as gaps in expectations and governance to gaps in strategy and innovation infrastructure that hamper the development of advanced manufacturing in the region.

Keywords: Manaus Industrial Pole; Industry 4.0; Public Policy; Gap Analysis.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Análise de <i>Gap</i> .....	47
Figura 2 – <i>Gap</i> entre Informação, Expectativa e Realidade de PD&I e I4.0 no PIM.....	64

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Os Pilares da Indústria 4.0.....	25
Quadro 2 – Tipos mais Comuns de Zona Econômicas Especiais.....	30
Quadro 3 – Ano de Origem ZF`s por país .....	33
Quadro 4 – N° de Zonas Francas na América do Sul.....	33
Quadro 5 – Prorrogações da Zona Franca de Manaus.....	37
Quadro 6 – Fases da Zona Franca de Manaus .....	37
Quadro 7 – Síntese dos Subsetores e Amostra da Pesquisa .....	43
Quadro 8 – Procedimentos Metodológicos .....	47
Quadro 9 – Marcos Inaugurais da Política de CT&I no Brasil .....	50
Quadro 10 – Iniciativas do Governo Federal e a Indústria 4.0.....	51
Quadro 11 – Iniciativas Suframa e a Indústria 4.0 .....	55
Quadro 12 – Lacunas ( <i>gaps</i> ) identificados (I4.0 e PIM).....	66

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Nível de Conhecimento sobre as Políticas de PD&I no Brasil e no PIM .....	56
Gráfico 2 – Empresas com iniciativas ou projetos voltados à PD&I no PIM .....	57
Gráfico 3 – Nível de Informação sobre o Termo Indústria 4.0 .....	58
Gráfico 4 – Mecanismos de I4.0 mais utilizados no PIM .....	59
Gráfico 5 – Nível de Conhecimento de iniciativas I4.0 no PIM .....	59
Gráfico 6 – Empresas com iniciativa de I4.0 no PIM .....	60
Gráfico 7 – Segmentos com Investimento Obrigatório em PD&I.....	60
Gráfico 8 – Relação entre as normas e os investimentos em I4.0 no PIM .....	61
Gráfico 9 – Nível de satisfação quanto ao desenvolvimento da I4.0 no PIM .....	62
Gráfico 10 – Satisfação com Política de I4.0 no PIM .....	63
Gráfico 11 – Iniciativas para potencializar a I4.0 no PIM.....	63

## **LISTA DE SIGLAS E ABREVIACÕES**

AL – AMÉRICA LATINA

AMOC – AMAZÔNIA OCIDENTAL

AZFA – ASSOCIAÇÃO DE ZONAS FRANCAS DAS AMÉRICAS

CCT – CONSELHO NACIONAL DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA

CLP – CONTROLADORES LOGÍSTICOS PROGRAMÁVEIS

CPS – SISTEMAS CYBER-FÍSICOS

GTAI – AGÊNCIA ALEMÃ DE INVESTIMENTOS E COMÉRCIO

I4.0 – INDÚSTRIA 4.0

IED – INVESTIMENTO ESTRANGEIRO DIRETO

IOT – INTERNET DAS COISAS

MIC – MADE IN CHINA

PF – PORTO FRANCO

PIM – POLO INDUSTRIAL DE MANAUS

PLA – PORTO LOGÍSTICO ALFANDEGADO

PVEA – PLANO DE VALORIZAÇÃO ECONÔMICA DA AMAZÔNIA

SPVEA – SUPERINTENDÊNCIA DO PLANO DE VALORIZAÇÃO ECONÔMICA DA  
AMAZÔNIA

SUDAM – SUPERINTENDÊNCIA DE DESENVOLVIMENTO DA AMAZÔNIA

SUFRAMA – SUPERINTENDÊNCIA DA ZONA FRANCA DE MANAUS

ZED – ZONA ESPECIAL DE DESENVOLVIMENTO

ZEL – ZONA ECONÔMICA LIVRE

ZEU – ZONA DE EMPRESA URBANA

ZF – ZONA FRANCA

ZFB – ZONA FRANCA DE BOGOTÁ

ZFM – ZONA FRANCA DE MANAUS

ZPE – ZONA DE PROCESSAMENTO DE EXPORTAÇÃO

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	13
1.1 Contextualização do tema .....	13
1.2 Situação problemática .....	15
1.3 Objetivos .....	17
1.3.1 Objetivo geral.....	17
1.3.2 Objetivos específicos .....	17
1.4 Justificativa .....	17
1.5 Estrutura da dissertação.....	19
<b>2 REVISÃO DA LITERATURA</b> .....	20
2.1 Indústria 4.0 .....	20
2.2 Políticas Públicas para o Desenvolvimento da Indústria 4.0 .....	26
2.3 A Indústria 4.0 nas Zonas Francas Industriais da América do Sul .....	30
2.4 O Polo Industrial de Manaus.....	34
<b>3 PERCURSO METODOLÓGICO</b> .....	39
3.1 Natureza da Pesquisa.....	39
3.2 Objetivos da Pesquisa .....	39
3.3 Abordagem da Pesquisa .....	40
3.4 <i>Locus</i> da Pesquisa .....	41
3.5 Procedimentos da Pesquisa .....	43
3.6 Coleta de Dados .....	44
3.7 Análise de Dados.....	45
3.8 Esquema de Operacionalização da Pesquisa.....	47
<b>4 RESULTADOS DA PESQUISA</b> .....	49
4.1 Políticas Públicas voltadas à Indústria 4.0 no Polo Industrial de Manaus – PIM.....	49
4.2 Estágio de Desenvolvimento da Indústria 4.0.....	55
<b>5 CONCLUSÕES</b> .....	67
<b>6 CONTRIBUIÇÕES</b> .....	71
6.1 Contribuições Acadêmicas.....	71
6.2 Contribuições Sociais.....	71
6.3 Contribuições Econômicas.....	71
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	72
<b>APÊNDICE</b> .....	86

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 Contextualização do tema

Desde os primórdios da produção industrial no Reino Unido, muitas transformações ocorreram no processo produtivo, especialmente devido aos avanços tecnológicos e inovações incluídos na produção de manufaturas. Tais avanços foram estabelecendo novos paradigmas à indústria e à sociedade, que dividem essas fases historicamente em quatro períodos distintos: as revoluções industriais, estando em curso a última: a 4ª Revolução Industrial (PHUYAL; BISTA; BISTA, 2020; ZHANG; YANG, 2020).

A Quarta Revolução Industrial, ou *Indústria 4.0 – I4.0*, caracterizou-se, inicialmente, como uma evolução tecnológica da automação iniciada na terceira revolução industrial. No entanto, a Quarta Revolução Industrial está alicerçada em uma “automatização inteligente” onde os trabalhadores industriais, o sistema produtivo, os produtos e os clientes estão interconectados. Para que isso ocorresse, foi necessária uma mudança de paradigma do processo produtivo e a inclusão de novas tecnologias, especialmente os recursos digitais (KARRE, 2017; DAVIES; COOLE; SMITH, 2017; SCHWAB; DAVIS, 2018).

Tal mudança de paradigma do processo produtivo industrial fez com que os países mais industrializados iniciassem o processo de “adaptação” à nova realidade que se apresentava. Nesse sentido, o Governo Alemão apresentou, em 2011, um “Plano de Ação de Estratégia de Alta Tecnologia para 2020” com o objetivo estratégico de preparar sua indústria para a mudança de paradigma produtivo em curso. Nesse Plano de Ação alemão apresenta-se ao mundo pela primeira vez o termo Indústria 4.0 – I4.0 (DAVIES; COOLE; SMITH, 2017; SCHWAB; DAVIS, 2018).

Embora o novo termo I4.0 não tivesse um conceito preciso, naquele momento, referia-se à utilização de ideias e de elementos da Internet das Coisas (IoT) na produção industrial. Além disso, destaca-se a forte participação do Governo Alemão no processo, o que dava também uma conotação política ao termo, tão relevante que a Alemanha criou um Grupo de Trabalho sobre a I4.0 – *Plattform Industrie 4.0* – que apresentou sugestões ao Governo Federal Alemão (RIBEIRO, 2017; BEIER et al., 2020).

Na prática, a I4.0 está baseada na introdução de novas tecnologias e inovações ao processo produtivo ou ao ambiente de manufatura, especialmente na conexão entre a Internet das Coisas (IoT) e os Sistemas Cyber-Físicos (CPS) com as máquinas, a fim de tomar decisões mais “inteligentes”. Tais inovações e avanços tecnológicos estão fundamentados em nove

pilares, quais sejam: (1) análise e big data, (2) robôs autônomos, (3) simulação 3D, (4) integração horizontal e vertical de sistemas, (5) a internet das coisas na indústria, (6) cyber segurança, (7) computação em nuvem, (8) manufatura aditiva e (9) realidade aumentada (RÜßMANN et al., 2015; DAVIES; COOLE; SMITH, 2017; MOGOS; ELEFThERIADIS; MYKLEBUST, 2019; ZHANG; YANG, 2020).

Uma vez que a I4.0 representa uma mudança de paradigma da produção industrial, alterações precisavam ocorrer para que os países industrializados se adaptassem a esta nova realidade. Nesse sentido, a Alemanha se destaca como sendo a primeira a apresentar uma política pública estratégica voltada à transformação da infraestrutura de sua indústria por meio da aplicação de novas tecnologias. Para isso, realizou modificações em sua política industrial com novos princípios, novos protocolos, novas regras e novas tecnologias por meio de sua iniciativa estratégica chamada *High-Tech Strategy 2020 Action Plan*. Logo, a Alemanha foi seguida pelo Estados Unidos da América e pela China (KAGERMANN; WAHLSTER; HELBI, 2013; EUROPEAN PARLIAMENT, 2016; SANTOS et al., 2018; ELMi; BROEKAERT; LARSEN, 2018; KUO; SHYU; DING, 2019; MOREIRA JR., 2020).

A Agência Alemã de Investimentos e Comércio – GTAI publicou, em 2014, um documento que aborda a implementação da I4.0 na Alemanha. Trata-se do relatório intitulado *Industrie 4.0: smart manufacturing for the future*, onde está detalhado como seriam as iniciativas e as estratégias alemãs para que o Governo alemão, em conjunto com empresas e universidades daquele país, trabalhe para a competitividade industrial a partir da introdução de novas tecnologias. No mesmo período, entre a publicação do *Plano de Ação de Estratégia de Alta Tecnologia para 2020*, em 2011, e a divulgação do *Industrie 4.0: smart manufacturing for the future*, em 2014, também os Estados Unidos da América – EUA iniciam um estudo para a modernização de suas políticas industriais e apresentam, em 2012, o projeto *National Strategic Plan for Advanced Manufacturing*, tornando o termo “manufatura avançada” um sinônimo de Indústria 4.0. O Plano americano tornava a inovação o principal alicerce para o desenvolvimento industrial do país (ETZKOWITZ, 2008; HOLDREN et al., 2012; IZERROUGENE, 2013; MOREIRA JR., 2016; IEDI, 2017b; MOREIRA JR., 2020).

Por fim, a China também apresentou seu plano intitulado *Made in China 2025 – MiC 2025*, no ano de 2015, com o propósito de modernizar a sua manufatura depois de observar os ganhos de eficiência promovidos por iniciativas de I4.0 na Alemanha e nos EUA. Dessa forma, a China procurou integrar e digitalizar serviços ligados à indústria, bem como a utilização de métodos de produção mais sustentáveis. Além disso, o plano chinês prevê duas prioridades: uma voltada, exclusivamente, para a indústria nacional chinesa e outra voltada ao mercado



internacional. A prioridade local estava alicerçada na modernização de todo o seu parque industrial, a fim de se tornar mais competitiva e, internacionalmente, a prioridade era a digitalização e automação com o propósito de gerar mudanças no próprio processo produtivo, tal como prevê os planos europeus e americanos (UNESCO, 2015; IEDI, 2018; MOREIRA JR., 2020; ARBIX et al., 2018).

## **1.2 Situação Problemática**

É certo que as mudanças ocorridas no processo produtivo e, portanto, na industrialização de um país, são resultado de uma decisão do Estado, estabelecido por meio de uma política industrial que auxilia ou dá as condições para que ocorra o desenvolvimento industrial ou as mudanças necessárias à modernização da produção local. Todavia, a implementação de uma política pública voltada à indústria requer a superação de barreiras institucionais e políticas (ANDREONI; CHANG, 2019).

Nesse sentido, desde 2011, quando a Alemanha deu o primeiro passo rumo ao que os próprios alemães chamaram de Indústria 4.0, outros países também vêm reestruturando suas políticas nacionais de desenvolvimento industrial com o objetivo de criar os direcionadores necessários para a criação de um novo paradigma tecnológico e produtivo: tratam-se dos esforços estatais para a implementação da I4.0 (AINGINGER; RODRIK, 2020; DIEGUES; ROSELINO, 2019).

O desenvolvimento de uma política industrial que possa servir de base para o processo de implementação da I4.0 exige que os Estados alterem de forma drástica as suas atuais estruturas das indústrias de manufatura para dar os direcionadores necessários ao estabelecimento de uma manufatura avançada (ELMI; BROEKAERT; LARSEN, 2018).

Nesse sentido, promovem-se alterações em toda a cadeia de inovação e desenvolvimento tecnológico como novos métodos, protocolos, legislações, regras e planos, tal como se deu, por exemplo, na Alemanha, nos Estados Unidos e na China (KUO; SHYU; DING, 2019; MOREIRA JR., 2020).

O Brasil, segundo estudos realizados pelo Instituto de Estudos para o Desenvolvimento Industrial e pelo Instituto de Economia da Unicamp, precisa passar por um processo de transformação produtiva que requer a cooperação entre o Estado e os agentes privados no direcionamento da estratégia nacional de desenvolvimento da I4.0, com o intuito de evitar perdas de estrutura industrial bem como, para que a política pública seja efetiva e específica, determinar a utilização de instrumentos adequados para o fomento à formação de redes de produção e de inovação (VERMULM et al., 2018; DIEGUES; ROSELINO, 2019).

Estudos anteriores apontam que as políticas industriais devem estar focadas em algumas áreas prioritárias, como a padronização de arquiteturas operacionais de referência de fábricas, gerenciamento de sistemas complexos, fornecimento de infraestrutura de banda larga, segurança cibernética e de tecnologias de informação, novas organizações e desenhos de trabalhos voltados à indústria digital, formação de capital intelectual contínuo, regulamentação e normatização e com a eficiência de recursos. Nesse sentido, o Brasil necessita maior engajamento da esfera pública para a aplicação de uma nova política industrial voltada ao desenvolvimento da I4.0 no país (MENELAU, 2020; OTTONICAR; VALENTIM; MOSCONI, 2019).

Uma das políticas públicas muito usadas pelos Estados para o desenvolvimento industrial, tecnológico e econômico de determinadas regiões são as Zonas Francas. Segundo a definição utilizada pelo Banco Mundial, as Zona Francas – ZF's são um tipo ou uma forma de Zonas Especiais de Desenvolvimento – ZED's que também incluem Zonas de Processamento de Exportações – ZPE's, Zonas Econômicas Livres – ZEL's, Parques Industriais – PI's, Portos Francos – PF's, Parques Logísticos Alfandegados – PLA's e as Zonas de Empresas Urbanas – ZEU's (AMORIM, 2021; AKINCI; CRITTLE, 2008).

Para que possa receber investimentos voltados à Indústria 4.0 – I4.0, as Zonas Francas – ZF's instaladas na América Latina também estão começando a adaptar suas políticas industriais. Nesse sentido, na América do Sul, a Zona Franca de Bogotá – ZFB foi a primeira a modificar suas normativas para atrair investimentos para a área de serviços em nuvem, sistemas automatizados de controle aduaneiro e sistemas de reconhecimento para a área de transportes e mercadorias. Tal iniciativa da ZFB motivou o Governo Colombiano a modificar sua legislação sobre o regime de ZF's, com o propósito de promover e atrair tais investimentos para o país. Seguindo o exemplo colombiano, a República Oriental do Uruguai também modificou seu marco de ZF's a fim de conceder incentivos aos serviços ligados à Indústria 4.0, assim como o Brasil que também definiu marcos regulatórios voltados à atração de investimentos para a I4.0 na Zona Franca de Manaus – ZFM (GUTIÉRREZ, 2020; MINCIT, 2021; ITIKAWA; SANTIAGO, 2021).

O chamado Polo Industrial de Manaus – PIM é um centro industrial regulamentado pelo Decreto-Lei nº 288, de 28 de fevereiro de 1967, que criou, nos moldes como o conhecemos hoje, o modelo de desenvolvimento Zona Franca de Manaus, que também estabeleceu outros dois centros importantes: um comercial e outro agropecuário no interior da Amazônia. O PIM fechou o ano de 2020 com cerca de 450 indústrias instaladas e gerando 93.317 empregos diretos e outros mais de 370 mil empregos indiretos; e o ano de 2021 com cerca de 430 indústrias e

gerando 103.507 empregos diretos e 400 mil empregos indiretos. O faturamento das empresas instaladas no Polo Industrial de Manaus, em 2020, chegou a R\$119,68 bilhões de reais e, em 2021, alcançou R\$158,62 bilhões de reais, melhor resultado da história tendo os segmentos de eletroeletrônicos e bens de informática à frente do faturamento global do PIM, com participações que juntas chegam a 50% do faturamento global. Este fato é relevante porque é exatamente o segmento de bens de informática que fomenta a pesquisa, o desenvolvimento e a inovação em virtude da obrigação imposta pelas Leis de Informática no Brasil (SUFRAMA, 2020; SUFRAMA, 2022).

Diante desse desafio de implementação da I4.0, os países procuraram criar seus planos locais, regionais ou nacionais de desenvolvimento da indústria de manufatura avançada. Assim, estudou-se a política brasileira de desenvolvimento da I4.0 e suas perspectivas na Zona Franca de Manaus a fim de responder à questão norteadora deste projeto de pesquisa, qual seja: quais os direcionadores para o desenvolvimento da Indústria 4.0 nas indústrias do Polo Industrial de Manaus?

### **1.3 Objetivos**

#### **1.3.1 Objetivo geral**

Investigar os direcionadores para o desenvolvimento da Indústria 4.0 nas indústrias do Polo Industrial de Manaus.

#### **1.3.2 Objetivos Específicos**

Para se atingir o objetivo geral, foram seguidos os seguintes objetivos específicos:

1. Identificar quais são as políticas públicas vigentes e relacionadas ao desenvolvimento da Indústria 4.0;
2. Realizar um mapeamento junto às empresas instaladas no PIM em relação ao atual estágio de desenvolvimento da Indústria 4.0;
3. Apresentar proposições para a adoção de políticas públicas de transição e para o desenvolvimento da Indústria 4.0 no PIM.

### **1.4 Justificativa**

O processo dinâmico com que ocorrem as mudanças econômicas promovidas pela globalização acarretam alterações significativas na indústria e trazem novos paradigmas

tecnológicos. Estas modificações dão consequências relevantes na economia, nos governos, nos indivíduos e, por conseguinte, nas políticas públicas e no desenvolvimento (ARACATY, 2021).

Buscando se adequar às mudanças globais, a região amazônica sempre foi alvo da preocupação dos Governos centrais brasileiros, que criaram políticas públicas específicas de desenvolvimento para região desde o período colonial brasileiro, quando foram criadas as chamadas políticas pombalinas; no Período Imperial, em que houve o auge da borracha na região; e, durante a República, houve várias iniciativas que vão desde a reconstrução da política de incentivo à produção da borracha nos anos 1940 até a Zona Franca de Manaus (FREITAS et al., 2015).

Considerando estes aspectos, quais sejam, as mudanças de paradigmas porque passa a economia mundial, em especial a indústria e a forte preocupação do Estado brasileiro em criar políticas públicas que possam desenvolver a região amazônica e fortalecer a matriz atual, é que se justificou o desenvolvimento desta pesquisa, pois necessitava-se estudar quais eram os direcionadores que a atual política pública vigente na região cria ou estabelece para que sejam desenvolvidas indústrias mais modernas e inteligentes, especialmente a Indústria 4.0 (SEABRA; CARVALHO; MATIAS, 2018).

A Zona Franca de Manaus quando criada, nos moldes atuais<sup>1</sup>, em 1967, previra a criação de três centros – um industrial, um comercial e outro agropecuário –, no entanto sua base econômica está fundamentada em seu centro industrial, o Polo Industrial de Manaus – PIM, composto por centenas de indústrias cujo objetivo é desenvolver economicamente a região que, no entanto, enfrentará mudanças significativas em seus meios de produção, pois deverá se adequar a chamada Quarta Revolução Industrial para manter seus níveis de desenvolvimento e crescimento econômico. Isto implicará em mudanças profundas em toda a esfera da produção industrial por meio da introdução de novas tecnologias e inovações ao processo produtivo ou ambiente de manufatura (SILVA et al., 2019).

Nessa conjuntura de mudanças é que o estudo dos direcionadores para a Indústria 4.0 representou uma forma de monitorar em quais segmentos e atividades que as políticas públicas atuais estão favorecendo as oportunidades e mitigando as ameaças, bem como em que estágio de desenvolvimento estão as indústrias do Polo Industrial de Manaus e quais políticas de transição podem ser tomadas para o desenvolvimento efetivo da I4.0 na região.

---

<sup>1</sup> A Zona Franca de Manaus foi criada por meio da Lei nº 3.173, de 1957, por iniciativa do Deputado Federal pelo Amazonas, Sr. Francisco Pereira da Silva. No entanto, foi regulamentada como a conhecemos hoje pelo Decreto-Lei nº 288, de 28 de fevereiro de 1967.

Destaca-se, também, a relevância acadêmica da pesquisa, uma vez que trata de um tema pouco estudado e com poucas publicações que relacionam tanto à Zona Franca de Manaus quanto à Indústria 4.0, permitindo, assim, uma ampliação do conhecimento acerca do tema a partir do estudo das políticas públicas vigentes, assim como os direcionadores criados para o desenvolvimento da I4.0 na região amazônica.

Ademais, a pesquisa é justificada por sua contribuição em apresentar proposições para a adoção de políticas públicas de transição e para o desenvolvimento da Indústria 4.0 no PIM a partir de um diagnóstico que leva em consideração as indústrias que já estão instaladas na Zona Franca de Manaus – o que pode contribuir, no futuro, na aplicação de políticas mais efetivas.

Por fim, destaca-se o fato do estudo ser realizado em uma instituição vinculada diretamente à política pública Zona Franca de Manaus, no caso, a Superintendência da Zona Franca de Manaus – SUFRAMA, autarquia vinculada ao Ministério da Economia, cuja missão é promover o desenvolvimento econômico regional mediante geração, atração e consolidação de investimentos, apoiado em educação, ciência, tecnologia e inovação, visando à integração nacional e inserção internacional competitiva (SUFRAMA, 2010).

## **1.5 Estrutura da dissertação**

Face o exposto, o presente trabalho foi estruturado em seis capítulos. O “Capítulo 1” apresenta as considerações introdutórias da pesquisa com a contextualização do tema, seguida da situação problemática, dos objetivos pretendidos e da justificativa do estudo. Em seguida, o “Capítulo 2” apresenta uma revisão de literatura na qual são abordados os principais conceitos de Indústria 4.0, Políticas Públicas para o Desenvolvimento da Indústria 4.0, a I4.0 nas zonas francas industriais da América do Sul e o Polo Industrial de Manaus, de modo a fornecer embasamento teórico necessário e nortear a presente pesquisa. No “Capítulo 3”, são apresentados os procedimentos e o percurso metodológicos e as ferramentas utilizadas para a realização da pesquisa, nele são descritos como foi feita a coleta de dados e o tratamento subsequente. O “Capítulo 4” apresenta os resultados da pesquisa após o levantamento de dados e da aplicação da *survey*. Por fim, no “Capítulo 5” apresentam-se as considerações finais da pesquisa e sugestões para o estabelecimento da I4.0 no PIM e no “Capítulo 6” as contribuições acadêmicas, sociais e econômicas do trabalho.

## 2 REVISÃO DA LITERATURA

### 2.1 Indústria 4.0

Desde a origem latina da palavra “indústria” – que, etimologicamente, é formada pelos termos *indu*, “em, dentro”, mais *struere*, “construir, empilhar” e que significava “diligência ou operosidade” – evidencia-se a mudança que a industrialização, enquanto atividade econômica, trouxe ao processo produtivo, saindo do artesanato e da manufatura para a indústria mecânica, produzindo dentro de fábricas. Ressalta-se que essa transformação na produção é precursora e fator fundamental para o surgimento do capitalismo que fora exclusivamente comercial (mercantilismo) e passa, a partir das mudanças no processo produtivo, a ser industrial (SAKURAI; ZUCHI, 2018; MARSON, 2015; CAVALCANTE; SILVA, 2011).

Nesse sentido, não é possível dissociar o surgimento da indústria, enquanto transformação de um sistema de produção baseado em manufatura para a indústria mecânica, do processo iniciado no século XVIII na Inglaterra, conhecido como Revolução Industrial. A indústria foi o principal fator de aceleração do crescimento econômico; por outro lado, a Revolução Industrial não foi uma “mera aceleração do crescimento econômico”, mas uma transformação econômica e social que teve como consequência o crescimento econômico (HOBSBAWN, 2003; MARSON, 2015).

Foi, portanto, no século XVIII, com o início da Indústria 1.0, que o termo “revolução industrial” foi utilizado pela primeira vez, fruto da própria origem etimológica da palavra latina *revolutione*, o ato de revolucionar. Tal fato se deve às inúmeras transformações advindas das mudanças ocorridas nos processos produtivos, especialmente no que concerne à substituição de mãos humanas por máquinas; criou-se um novo sistema de produção ou o sistema de produção que jamais tinha existido (PASQUINI, 2020; LIMA; NETO, 2017).

A evolução do processo produtivo é marcada, portanto, por transformações econômicas e sociais que a precedem, as chamadas Revoluções Industriais, que ocorrem desde o século XVIII até os dias de hoje e que culminaram no surgimento da Quarta Revolução Industrial ou Indústria 4.0. Destaca-se que, desde os primórdios do processo industrial até as indústrias de manufatura automatizadas de hoje, ocorreram enormes avanços. Por isso, é oportuno destacar as principais características de cada revolução industrial, a fim de melhor compreender o contexto pelo qual se chega à Indústria 4.0 (PHUYAL; BISTA; BISTA, 2020; ZHANG; YANG, 2020).

Antes das mudanças ocorridas no processo de produção em meados do século XVIII no Reino Unido, o artesanato – sistema doméstico de produção realizado por um mestre artesão –

e a manufatura – de base econômica mercantilista – eram as duas formas dominantes de produção, ambas atividades de transformação da matéria-prima por meio da força humana e antecessoras da maior mudança da vida humana já registrada em textos: a primeira revolução industrial (HOBSBAWN, 2003; CAVALCANTE; SILVA, 2011; MIN et al., 2019).

O período compreendido entre 1760 e 1820 marca o início da mudança no processo de manufatura e o primeiro país a começar o processo de industrialização foi o Reino Unido da Grã-Bretanha, a partir do desenvolvimento da indústria do algodão, que deixou de ser realizada exclusivamente por tecelões e passou a incorporar as máquinas ao processo produtivo na primeira metade do século XVIII. Esta transformação no processo de produzir, em que a Grã-Bretanha teve posição de liderança, é conhecido como Primeira Revolução Industrial (PHUYAL; BISTA; BISTA, 2020; LIMA; NETO, 2017).

Embora o setor têxtil tenha sido o primeiro a incorporar as máquinas movidas a vapor ao seu processo de produção, gradualmente outros produtos também substituíram seus métodos artesanais por indústria mecânica, como as indústrias de vidro, papel, couro e tijolos. Foi, portanto, a Primeira Revolução Industrial que motivou o surgimento da industrialização com a automação, aumentando a eficiência da produção e, com isso, transformou o sistema mercantilista (baseado no comércio) em um sistema capitalista (baseado na indústria): o capitalismo industrial. Com o passar do tempo, as máquinas a vapor foram aperfeiçoadas e as trocas comerciais foram intensificadas, impulsionando todos os processos graças a criação de ferrovias que interligavam e fortaleciam as trocas comerciais e humanas, bem como ligava a agricultura à indústria ao mesmo tempo em que estabeleciam as bases do capitalismo industrial (CAVALCANTE; SILVA, 2011; SILVA, 2017; LIU, 2021).

Todas as evoluções ocorridas no sistema de produção durante o período da primeira revolução industrial não apenas transformaram a capacidade produtiva do Reino Unido, como também o modo de fabricar mercadorias. Em um período curto, toda a Europa iniciou um processo de industrialização que destruiu o monopólio inglês. Na Indústria 1.0, iniciou-se a mecanização, fortemente influenciada pela invenção do tear mecânico, bem como pelas máquinas movidas pelo motor a vapor, criadas pelo engenheiro James Watt, que revolucionou o processo produtivo, especialmente no que concerne às relações de espaço e tempo conhecidas até aquele momento, assim como forçou a evolução da produção industrial (LIMA; NETO, 2017; SILVA; KAWAKAME, 2019; PASQUINI, 2020; LOPES; GARCIA; ASSUMPÇÃO, 2020).

A revolução tecnológica ou Segunda Revolução Industrial compreende o período entre os anos de 1830 e 1914. Os avanços tecnológicos permitiram o surgimento de uma nova fonte

de energia: a eletricidade, o gás e o petróleo deram origem a diferentes invenções que resultaram no desenvolvimento do motor a combustão, do aço, do tecido sintético, dos corantes, dos fertilizantes, do telégrafo, do telefone, do automóvel e do avião; tudo isso trouxe consigo mais mudanças no processo produtivo (COELHO, 2016; MIN et al., 2019; PHUYAL; BISTA; BISTA, 2020).

A Segunda Revolução Industrial ou a Industrial 2.0 caracteriza-se, portanto, pela evolução nos processos produtivos com a introdução da primeira linha de montagem automatizada da história, bem como a expansão da produção para a denominada produção em massa. A centralização da pesquisa e do capital estruturado em torno de um modelo econômico baseado em grandes fábricas possibilitaram a criação dessas inovações tecnológicas. A Segunda Revolução Industrial também é caracterizada pela expansão de linhas de montagem, a especialização do trabalho e o aumento dos lucros (GASPARIN; SILVA, 2006; RIBEIRO, 2017; PASQUINI, 2020).

Todas as inovações que a Segunda Revolução Industrial proporcionou modificaram irreversivelmente a forma como o conhecimento da natureza e as tecnologias se relacionam, transformando assim a forma com a própria mudança tecnológica ocorre. Por isso, esse período também é chamado de revolução tecnológica. A descoberta da eletricidade representa a ruptura com a Indústria 1.0, uma vez que essa descoberta incentivou à criação de novos motores elétricos e à explosão, novos materiais e novos processos de fabricação, bem como nas comunicações com a inovação do telégrafo sem fio e do rádio e nos transportes com os primeiros automóveis (COELHO, 2016; ZHOU; LIU; ZHOU, 2015; SILVA; KAWAKAME, 2019; PASQUINI, 2020; LOPES; GARCIA; ASSUMPCÃO, 2020).

Durante esse período da transformação dos processos industriais, o uso de novas tecnologias passou a ser um fator muito importante e os donos das indústrias passaram a investir em inovações tecnológicas que pudessem aumentar suas produções e suas margens de lucro. Um grande destaque nesse sentido é o industrial Henry Ford – fundador da *Ford Motor Company* – que criou o Fordismo que, na prática, foi um processo de semi-automatização que instituiu as linhas de produção, fundamentais para o estabelecimento da produção em massa no setor automobilístico (SILVA; GASPARIN, 2015; SAKURAI; ZUCHI, 2018; MIN et al., 2019).

O Fordismo representou um novo paradigma da produção ao recorrer às novas tecnologias criadas e às novas formas de organização. A partir dele, inicia-se a separação entre planejamento e execução da produção, além de uma divisão de trabalho mais detalhada – o que acarretou, nas fábricas, em ganhos de eficiência e de produtividade. Esse modelo foi



responsável por longos anos de crescimento econômico ao estabelecer a produção em massa; o que significou, também, um consumo em massa (SILVA, 2015; LIMA; PINTO, 2019; VIEIRA, 2020; PAULA; PAES, 2022).

A economia mundial e, por conseguinte, a indústria, foi fortemente afetada pelo início da Primeira Guerra Mundial (1914-1918) e da Segunda Guerra Mundial (1939-1945), recuperando-se apenas a partir de 1969, ano que se dá início a chamada Terceira Revolução Industrial, caracterizada pela substituição dos sistemas eletromecânicos por sistemas eletrônicos controlados por computadores onde Controladores Lógicos Programáveis – CLP’s e robôs industriais foram as duas grandes invenções, assim como a implantação dos sistemas de automação industrial (SILVA et al., 2012; MORRAR; ARMAN; MOUSA, 2017).

A revolução da Indústria 3.0, em razão das inovações tecnológicas, também é conhecida como a revolução técnico-científica, pois caracteriza-se pela introdução do uso de tecnologias da informação – grandes computadores com capacidade de processar um enorme volume de dados – que permitiram a automação do processo produtivo. A Indústria 3.0 permitiu uma revolução digital com a disseminação, nas linhas de produção, de semicondutores, da microeletrônica, robôs e computadores que potencializaram a automação industrial. As duas maiores características fundamentais para o processo de automação industrial foram: o peso crescente do complexo eletrônico e a automação flexível. A primeira deu-se ao rápido crescimento da indústria eletrônica, que aumentou a participação do valor agregado de produtos, e a segunda, em razão das melhorias e aprimoramentos tecnológicos da microeletrônica com o uso, por exemplo, dos controladores lógicos programáveis, sensores e medidores digitais controlados (COELHO, 2016; COUTINHO, 2016; RIBEIRO, 2017; SILVA, 2017, SISQUEIRA, 2021; JUNIOR, 2022).

Dessa forma, pode-se observar que a indústria, resumidamente, passa por três importantes estágios de evolução, onde o primeiro é caracterizado pela mecanização da produção (MARSON, 2015), o segundo por uma nova forma de energia que passa a mover as máquinas, a eletricidade (COELHO, 2016), e, por fim, o terceiro estágio de transformação caracterizado pela automação industrial (RIBEIRO, 2017).

A chamada Quarta Revolução Industrial, ocorrida após a mecanização, eletrificação e automação, é uma discussão frequente e o termo “Indústria 4.0” descreve a visão de fábricas automatizadas “de forma inteligente”, nas quais os trabalhadores, o próprio sistema de produção, produtos e até clientes estão conectados. Esse processo de transformação dos sistemas de produção, chamado Indústria 4.0, representa uma mudança de paradigma na utilização de tecnologias de manufatura e visa paralelizar o que são consideradas as três

primeiras revoluções industriais que desenvolveram, respectivamente, devido à mecanização, eletricidade e automação e que evoluíram para uma nova maneira de se produzir bens, muito mais confiável e célere e cujos impactos não apenas ocorrerão nos sistemas de produção, mas na sociedade (KARRE, 2017; DAVIES; COOLE; SMITH, 2017; VENÂNCIO; BREZINSKI, 2017).

A Quarta Revolução Industrial representa uma mudança tão profunda no desenvolvimento humano quanto as precedentes, especialmente pelo crescente conjunto de tecnologias disponíveis alicerçadas sobre o conhecimento de revoluções industriais anteriores, especialmente “sobre os recursos digitais de Terceira Revolução Industrial”. O termo Indústria 4.0 teve origem na Alemanha, em 2011, e logo foi incluído na iniciativa estratégica do Governo alemão – Plano de Ação de Estratégia de Alta Tecnologia para 2020 –, tido como o futuro do crescimento e da indústria alemã (DAVIES; COOLE; SMITH, 2017; SCHWAB; DAVIS, 2018).

A Revolução da Indústria 4.0 surge da interação de inovações tecnológicas no processo produtivo das fábricas, ou seja, na efetiva aplicação das novas tecnologias no ambiente de produção, o que acarreta mudanças nas organizações, nas pessoas e no ambiente de negócios. Trata-se da ligação entre o mundo físico da produção e o ambiente virtual, criando uma conexão para a melhoria do processo produtivo e trazendo uma nova dimensão à interação entre homem e máquina (KHAN; TUROWSKI, 2016; VENÂNCIO; BREZINSKI, 2017; LOPES; GARCIA; ASSUMPCÃO, 2020; PASQUINI, 2020).

Embora não exista uma definição precisa, o termo sugere que a aplicação de princípios e tecnologias da Internet das Coisas (IoT) na fabricação industrial seja, de fato, a chamada Indústria 4.0 e destaca que, pela origem do termo ter ocorrido no Governo da Alemanha, o conceito não se caracterizou apenas como um desenvolvimento tecnológico, mas também pretendia ter uma forte conotação política, uma vez que a criação do Grupo de Trabalho sobre a Indústria 4.0, em outubro de 2012, tendo como responsáveis Siegfried Dais e Henning Kagermann, da *German Academy of Science and Engineering*, apresentou recomendações ao Governo Federal Alemão para a implementação da Indústria 4.0 (RIBEIRO, 2017; BEIER et al., 2020).

Na Feira de Hannover de 2011 que se mostrou para o mundo, pela primeira vez, o termo Indústria 4.0. No entanto, apenas após receber as recomendações do Grupo de Trabalho sobre a I4.0 é que o Governo Alemão apresentou, em 2013, o roteiro da Indústria 4.0. Percebe-se, portanto, que a origem do termo Indústria 4.0 – I4.0 está na Alemanha e foi estabelecida por um grupo de especialistas da academia com o apoio da classe política ligado ao Governo

Federal Alemão cujo objetivo era aumentar a competitividade da indústria de manufatura daquele país (CHEN; XING, 2015; PHUYAL; BISTA; BISTA, 2020).

A I4.0 é fundamentada na integração da Internet das Coisas (IoT) e dos Sistemas Cyber-físicos (CPS) no ambiente de manufatura, concentra-se fortemente na interconectividade por meio de IoT, aprendizado de máquina e no processamento de dados em tempo real, aperfeiçoando a capacidade de autogerenciamento das empresas. A Indústria 4.0 conecta a internet das coisas e a internet industrial ao sistema de manufatura para interagir com as máquinas para compartilhar suas informações e tomar decisões inteligentes com base no algoritmo do sistema (DAVIES; COOLE; SMITH, 2017; SILVA; KAWAKAME, 2019; MOGOS; ELEFTHERIADIS; MYKLEBUST, 2019).

As aplicações da Indústria 4.0 incluem, basicamente, inteligência artificial, robôs automatizados, sistemas flexíveis de automação de manufatura, manufatura aditiva e realidade aumentada. A I4.0 está fundamentada em nove pilares de avanços tecnológicos fundamentais, são eles: (1) análise e *big data*, (2) robôs autônomos, (3) simulação 3D, (4) integração horizontal e vertical de sistemas, (5) a internet das coisas na indústria, (6) *cyber* segurança, (7) computação em nuvem, (8) manufatura aditiva e (9) realidade aumentada (RÜßMANN et al., 2015; ZHANG; YANG, 2020). O Quadro 1 apresenta uma síntese dos pilares da Indústria 4.0.

**Quadro 1 – Os pilares da Indústria 4.0**

Tecnologia	Aplicação
Análise e <i>Big Data</i>	A análise baseada em grandes conjuntos de dados otimiza a qualidade da produção, economiza energia e melhora o serviço do equipamento. Em um contexto da Indústria 4.0, a coleta e avaliação abrangente de dados de muitas fontes diferentes como equipamentos e sistemas de produção, bem como sistemas de gerenciamento corporativo e de cliente se tornarão padrão para apoiar a tomada de decisões em tempo real.
Robôs Autônomos	Os robôs estão evoluindo para uma utilidade ainda maior. Eles estão se tornando mais autônomos, flexíveis e cooperativos. Eventualmente, eles irão interagir uns com os outros e trabalhar com segurança lado a lado com os humanos e aprender com eles. Esses robôs custarão menos e terão uma gama maior de recursos do que os usados na fabricação hoje.
Simulação 3D	No futuro, as simulações 3D serão usadas mais amplamente nas operações da fábrica. Essas simulações aproveitarão os dados em tempo real para espelhar o mundo físico em um modelo virtual, que pode incluir máquinas, produtos e humanos. Isso permite que os operadores testem e otimizem as configurações da máquina para o próximo produto da linha no mundo virtual antes da mudança física, reduzindo assim os tempos de configuração da máquina e aumentando a qualidade.
Integração de Sistemas	As funções da empresa ao nível do chão de fábrica não estão totalmente integradas. Mas com a Indústria 4.0, empresas, departamentos, funções e recursos se tornarão muito mais coesos, à medida que as redes de integração de dados universais entre empresas evoluem e permitem cadeias de valor verdadeiramente automatizadas.

Internet das Coisas	Com a Internet das Coisas Industrial, mais dispositivos – às vezes incluindo até produtos inacabados – serão enriquecidos com computação embarcada e conectados usando tecnologias padrão. Isso permite que os dispositivos de campo se comuniquem e interajam entre si e com controladores mais centralizados, conforme necessário. Ele também descentraliza a análise e a tomada de decisões, permitindo respostas em tempo real.
Cyber segurança	Com o aumento da conectividade e do uso de protocolos de comunicação padrão que acompanham a Indústria 4.0, a necessidade de proteger sistemas industriais críticos e linhas de fabricação contra ameaças à segurança cibernética aumenta drasticamente. Como resultado, comunicações seguras e confiáveis, bem como gerenciamento sofisticado de identidade e acesso de máquinas e usuários são essenciais.
Computação em Nuvem	Com a Indústria 4.0, mais empreendimentos relacionados à produção exigirão maior compartilhamento de dados entre locais e limites da empresa. Ao mesmo tempo, o desempenho das tecnologias de nuvem melhorará, alcançando tempos de reação de apenas alguns milissegundos. Como resultado, os dados e a funcionalidade da máquina serão cada vez mais implantados na nuvem, permitindo mais serviços baseados em dados para sistemas de produção.
Manufatura Aditiva	Com a Indústria 4.0, métodos de manufatura aditiva serão amplamente usados para produzir pequenos lotes de produtos customizados que oferecem vantagens de construção, como projetos complexos e leves. Os sistemas de manufatura aditiva descentralizada de alto desempenho reduzirão as distâncias de transporte e o estoque disponível.
Realidade Aumentada	Os sistemas baseados em realidade aumentada oferecem suporte a uma variedade de serviços, como a seleção de peças em um depósito e o envio de instruções de reparo por meio de dispositivos móveis. Esses sistemas, no futuro, as empresas farão um uso muito mais amplo da realidade aumentada para fornecer aos trabalhadores informações em tempo real para melhorar a tomada de decisões e os procedimentos de trabalho.

Fonte: Adaptado de Rüßmann et al. (2015).

A mudança da Indústria 3.0 para I4.0 é um processo gradual que envolve a iniciativa privada, centros de pesquisa e os governos. Essas transformações que ocorrem no processo de implantação da Indústria 4.0 exigem que políticas públicas sejam adotadas de modo a auxiliar os países no desenvolvimento de suas indústrias.

## 2.2 Políticas Públicas para o Desenvolvimento da Indústria 4.0

O desenvolvimento industrial é precedido por uma política industrial que a estabelece, ou auxilia, nas transformações estruturais necessárias ao processo de industrialização. No entanto, existem desafios institucionais e políticos à implementação de uma política pública. Após um longo período de prevalência de uma visão liberal, após a crise de 2008, houve uma retomada de estratégias nacionais de políticas industriais para o desenvolvimento. Uma dessas iniciativas para impulsionar um novo paradigma tecno-produtivo chama-se Indústria 4.0 – I4.0 (ANDREONI; CHANG, 2019; AIGINGER; RODRIK, 2020; DIEGUES; ROSELINO, 2021).

Os estudos acerca da I4.0 são recentes, tanto que 89% dos artigos publicados sobre o tema estão no período entre 2019 e 2021 – desses, quase 20% relacionam o termo com a administração pública e a economia, dada a relação existente entre os Estados e as políticas

públicas para o desenvolvimento industrial. A modernização dos sistemas de manufatura passa a ser uma prioridade e tem início um processo de criação de políticas públicas que pudessem criar os direcionadores a implementação de novas tecnologias no processo produtivo que trouxessem mais efetividade e produtividade às indústrias (KAMBLE; GUNASEKARAN; GAWANKAR, 2018; KHAN; AHMAD; MAJAVA, 2021; FRASKE, 2022).

Desde a primeira vez que o termo Indústria 4.0 foi utilizado na Feira de Hannover de 2011, já estava associado a uma iniciativa do governo alemão, esperava-se que a política pública apresentada pela Alemanha transformasse drasticamente as estruturas da indústria de manufatura daquele país através da aplicação de novas tecnologias, como a internet das coisas. No entanto, para que o Estado Alemão pudesse acelerar os impactos positivos e inclusivos dessas novas tecnologias, novos princípios, protocolos, regras e políticas foram necessários. Nesse âmbito, as estratégias mais avançadas no que concerne à articulação entre governos nacionais e agentes privados tiveram início na Alemanha, nos Estados Unidos da América e na China (ELMI; BROEKAERT; LARSEN, 2018; KUO; SHYU; DING, 2019; MOREIRA JR., 2020).

O processo de implementação da I4.0 tem um papel central na política industrial da Alemanha e de outros países que procuram desenvolver e difundir novas tecnologias e novos processos produtivos. Embora tenha sido apresentado ao mundo em 2011 como parte da estratégia de longo prazo do governo alemão chamada *High-Tech Strategy 2020 Action Plan*, somente em abril de 2015 houve a publicação de um documento oficial europeu demonstrando ao mundo o aspecto prático e os impactos da I4.0 na economia e na sociedade, bem como a evolução dos sistemas de produção devido à aceleração do processo de industrialização (SANTOS et al., 2018; KAGERMANN; WAHLSTER; HELBI, 2013; EUROPEAN PARLIAMENT, 2016; AZEVEDO; JUNIOR, 2022).

Outro importante documento que trata da implementação da Indústria 4.0 e demonstra o esforço do governo alemão foi publicado pela Agência Alemã de Investimentos e Comércio (GTAI), em 2014: trata-se do *Industrie 4.0: smart manufacturing for the future*. Este documento metodiza as iniciativas e estratégias da Alemanha em conjunto com empresas industriais e universidades alemãs, desde 2011, visando à garantia da competitividade da indústria nacional a partir do uso de novas tecnologias da informação e processos produtivos (MOREIRA JR., 2020; IEDI, 2017b).

De acordo com o Relatório “Indústria 4.0”, elaborado pelo parlamento europeu em 2016, a implementação da manufatura avançada na Europa exigirá uma ampla variedade de políticas públicas e iniciativas com a participação dos Estados nacionais e subnacionais nos

campos da pesquisa, de recursos sociais e humanos a fim de efetivar e consolidar os novos processos produtivos. Além disso, o estudo europeu destaca três dimensões de mudanças muito relevantes relacionadas à I4.0: mudança tecnológica, mudança social e mudança no paradigma empresarial. Na Europa, há uma ênfase no papel da sustentabilidade da Indústria 4.0 nos processos produtivos europeus, especialmente na transformação digital proporcionada pela I4.0 (EUROPEAN PARLIAMENT, 2016; HERMANN; PENTEK; OTTO, 2016; BITKOM; VDMA; ZVI, 2016; FELSBERGER, 2022).

Após o primeiro anúncio do termo “Indústria 4.0” na Alemanha, em 2012, foi a vez dos Estados Unidos publicarem o seu programa de modernização de políticas industriais. Trata-se do *National Strategic Plan for Advanced Manufacturing*, que trouxe uma nova nomenclatura, a “manufatura avançada”, que acabou se tornando um termo sinônimo à I4.0. O programa americano estabelecia que era necessário mais investimento em pequenas e médias empresas, bem como na capacitação da força de trabalho com as habilidades necessárias para o desenvolvimento e o uso das novas tecnologias, especialmente as tecnologias de informação e comunicação – TIC’s. Além disso, assim como prevê o plano europeu, o programa americano destaca a necessidade de novas formas de parcerias entre entes públicos e privados para receber um maior volume de investimentos em pesquisa e desenvolvimento da manufatura avançada (HOLDREN et al., 2012; MOREIRA JR., 2020; 2016; ADEDOYIN et al., 2020).

Os Estados Unidos, por meio do Plano Nacional Estratégico para a Manufatura Avançada, pretendiam não apenas se recuperar da crise econômica dos anos 2008 e 2009, mas colocar a inovação como prioridade para a sua recuperação e desenvolvimento econômico. Para isso, o plano previa uma reorganização do equilíbrio de forças da chamada “tripla hélice”, que é a relação entre governo, indústria e universidade, a fim de criar um ambiente mais favorável aos investimentos e resgatar a competitividade da indústria americana ante a concorrência internacional. O plano americano incluía um relatório chamado “Parceria para a Manufatura Avançada”, onde dava ênfase na necessidade de modelos mais eficazes de parcerias público-privadas – PPP’s, a fim de acelerar o processo de desenvolvimento e de lançamento de novas tecnologias no mercado. Destaca-se, portanto, o papel central da inovação como alicerce para o estímulo ao empreendedorismo e o fortalecimento da indústria em relação à fronteira tecnológica (ETZKOWITZ, 2008; HOLDREN et al., 2012; IZERROUGENE, 2013; IEDI, 2017c; WANG, 2018).

Em março de 2015, a China anunciou o programa chamado *Made in China 2025 – MiC 2025*. Trata-se do projeto chinês de modernização do setor de manufatura, elaborado pelo Conselho de Estado Chinês e administrado pelo Ministério da Indústria e Tecnologia e que

previa que a China seria o país líder em inovação tecnológica até 2049. A China observou sua perda de competitividade diante do baixo custo da mão de obra dos países periféricos, o que representa uma ameaça à tradicional indústria chinesa, bem como o avanço dos países desenvolvidos no que diz respeito à tecnologia e ganhos de eficiência por meio da implementação da I4.0. Para enfrentar esse contexto desfavorável, a China buscou promover a integração e a digitalização dos serviços ligados à indústria, assim como a utilização de métodos de produção mais preocupados com os impactos ambientais. O próprio nome do plano, *Made in China – 2025*, indica o objetivo que o Governo chinês tem em modificar a percepção de um produto de baixo valor e qualidade para um de alta eficiência e de qualidade (IEDI, 2018; MOREIRA JR., 2020; ARBIX et al., 2018; VALENCIA GARCÍA, 2021).

O MiC 2025 direciona esforços em dois sentidos: um voltado para dentro, procurando atuar no mercado doméstico, e outro voltado para fora, focado no mercado internacional. No que diz respeito aos desafios internos, a China definiu como prioridade a modernização do seu parque industrial, a fim de combater a ineficiência que já prejudicava sua competitividade. No campo internacional, o centro da atenção chinesa está na digitalização e na automação com o objetivo de gerar mudanças profundas na sua manufatura, tal qual também preveem os planos da Alemanha e dos EUA. Destaca-se, ainda, que o MiC 2025 está dividido em três etapas, com dez anos dedicados a cada uma delas, finalizando em 2045 (UNESCO, 2015; ARBIX et al., 2018; IEDI, 2018; VALENCIA GARCÍA, 2021).

Com o propósito de transpor esses desafios internos e externos e atingir as metas previstas até 2045, o MiC 2025 definiu cinco diretrizes:

1. Estabelecer a inovação como prioridade para o desenvolvimento;
2. Aperfeiçoar os produtos e serviços disponíveis no mercado;
3. Promover a sustentabilidade econômica da indústria;
4. Potencializar a infraestrutura industrial;
5. Formar e qualificar recursos humanos e reter talentos.

Pode-se observar, portanto, que o processo de implementação da I4.0 ou a Quarta Revolução Industrial está em curso e que os principais países, tais como Alemanha, Estados Unidos e China, estão promovendo os ajustes necessários em suas estruturas a fim de tomar a frente desse processo e criar os direcionadores necessários à efetiva criação de uma manufatura avançada. Não por acaso esses três países ocupam os três maiores índices de competitividade segundo o *ranking* global de competitividade na manufatura. Além disso, são também os três países que mais publicam sobre a Indústria 4.0. Nesse sentido, o Brasil e os países da América

do Sul também estão definindo seus planos nacionais para o fomento à I4.0, ainda que com uma indústria menos competitiva (DELOITTE, 2016; NETO et al., 2018).

### 2.3 A Indústria 4.0 nas Zonas Francas Industriais da América do Sul

As Zona Francas – ZF’s, segundo o Banco Mundial, representam uma das várias formas ou tipos de Zonas Especiais de Desenvolvimento – ZED’s, que também incluem Zonas de Processamento de Exportações – ZPE’s, Zonas Econômicas Livres – ZEL’s, Parques Industriais – PI’s, Portos Francos – PF’s, Parques Logísticos Alfandegados – PLA’s, Zonas Empresariais Urbanas – ZEU’s, entre outras. Essas áreas podem ser um instrumento eficaz para promover a industrialização se implementadas adequadamente no contexto certo, como mostrado em alguns países (AKINCI; CRITTLE, 2008; ZENG, 2015).

**Quadro 2** – Tipos mais Comuns de Zona Econômicas Especiais

Nome	Definição
Zonas Francas – ZF’s	As Zonas Francas – ZF’s (também conhecidas como Áreas de Livre Comércio) são áreas cercadas e isentas de impostos, oferecendo instalações de armazenamento, armazenamento e distribuição para operações de comércio, transbordo e reexportação.
Zonas de Processamento de Exportação – ZPE’s	As ZPE’s são parques industriais voltados principalmente para o comércio internacional. Elas oferecem às empresas condições de livre comércio e um ambiente regulatório simplificado. Existem, em geral, dois tipos de ZPE’s: uma é do tipo abrangente, aberto a todos os segmentos industriais; outra é um tipo especializado, aberta apenas para determinados segmentos especializados.
Zonas Econômicas Livres – ZEL’s	As ZEL’s (também chamadas de “Zonas Econômicas Multifuncionais”) são zonas de grande porte que possuem diferentes operações industriais, de serviços e de utilidades urbanas. Em alguns casos, essas zonas podem abranger uma cidade ou jurisdição inteira, como Shenzhen (cidade) e Hainan (província) na China.
Parques Industriais	Os Parques Industriais (também chamados de “Zonas Industriais”) são, em grande parte, locais baseados em manufatura. Algumas são multifuncionais e semelhantes às “Zonas Econômicas Livres”, mas geralmente operam em menor escala. Os parques normalmente oferecem um amplo conjunto de incentivos e benefícios fiscais.
Portos Francos	Os portos francos entendem-se serem áreas específicas dentro de um país geograficamente (em um porto), mas fora da área aduaneira estabelecida desse país, permitindo assim que componentes e mercadorias sejam importados, fabricados e exportados sem estarem sujeitos às tarifas padrão do país anfitrião e aos procedimentos de exportação/importação
Parques Logísticos Alfandegados	Os Parques Alfandegados (também conhecidas como “Armazéns Alfandegados”) são edifícios específicos ou outras áreas seguras nas quais as mercadorias podem ser armazenadas, manipuladas ou submetidas a operações de fabricação sem o pagamento de taxas que normalmente seriam impostas. Até certo ponto, uma “área alfandegada” é semelhante a uma “área de livre comércio” ou “porto franco”. No entanto, a principal diferença é que uma “área alfandegada” está sujeita às leis e regulamentos aduaneiros, enquanto uma “área de livre comércio” ou “zona franca” está isenta dessas disposições.
Zonas Empresariais Urbanas – ZEU’s	Uma zona empresarial urbana é uma área na qual são implementadas políticas de incentivo ao crescimento e desenvolvimento econômico. As políticas de zonas de empreendimentos urbanos geralmente oferecem benefícios fiscais, incentivos de infraestrutura e regulamentações reduzidas para atrair investimentos e empresas privadas para as zonas.



Zonas Especializadas	As Zonas Especializadas incluem parques científicos/tecnológicos, zonas tecnológicas, parques logísticos e zonas aeroportuárias.
Zonas ou Parques Eco Industriais	As zonas ou parques eco industriais concentram-se em melhorias ecológicas em termos de redução de resíduos e melhoria do desempenho ambiental das empresas. Eles costumam usar um conceito de “simbiose industrial” e tecnologias verdes para obter eficiência energética e de recursos. Dados os graves desafios ambientais, um número crescente de países está adotando esse novo tipo de zona.

Fonte: Adaptado de Zeng (2016).

Uma forma de atrair investimento para um determinado território, especialmente em países em desenvolvimento, é por meio da implementação de uma Zona Especial de Desenvolvimento, pois os incentivos fiscais e extrafiscais oferecidos costumam atrair investimento estrangeiro direto – IED que auxiliam o processo de desenvolvimento local. As Zonas Francas são áreas dentro das quais as mercadorias podem ser desembarcadas, manuseadas, fabricadas ou reconfiguradas e reexportadas sem a intervenção das autoridades aduaneiras e isso desempenha um papel muito importante na economia local e internacional (CAI; XIN; ZHOU, 2021; GARCÍA-CACERES; OSPINA-ESTUPIÑAN, 2017).

As Zonas Especiais de Desenvolvimento – ZED’s e os demais formatos de Zonas Econômicas Especiais, como as Zonas Francas, normalmente são estabelecidas com os objetivos distintos, que podem ser: (1) substituir importações; (2) atrair investimento estrangeiro direto – IED; (3) reduzir o desemprego em larga escala; (4) fazer parte de uma reforma econômica ampla promovida por determinado país; (5) servir como uma experiência para aplicação de novas políticas de desenvolvimento; (6) fomentar o desenvolvimento industrial de forma efetiva. Além disso, essas ZED’s permitem a ampliação dos serviços públicos em sua área de atual geograficamente localizada, aumentam o investimento público e privado em infraestrutura, facilitam a criação de *clusters* e aglomerações industriais em um determinado local, bem como fomentam o desenvolvimento territorial urbano (FAROLE; AKINCI, 2011; FULLER; ROMER, 2012; ZENG, 2015, 2016).

Conforme definido na Convenção de Quioto Revisada, que trata da simplificação e harmonização dos regimes aduaneiros, as Zonas Francas devem ser tratadas como fora do território aduaneiro doméstico, mas devem ser elegíveis para certificados de origem nacionais e participar de acordos comerciais e de acesso a mercados. Por esta razão, as ZF’s também são utilizadas como forma de diversificar a produção industrial de um país e de fomentar o comércio exterior. As Zonas Francas contribuem ainda com a questão fiscal, graças não apenas à entrada de IED, mas aos impostos pagos, às indústrias instaladas e às transferências tecnológicas, além de contribuírem com a geração de empregos e renda para a região em que são criadas, que abarcam não apenas atividades manufatureiras como também o comércio, o turismo, a

agricultura e o desenvolvimento territorial e imobiliário (AKINCI; CRITTLE, 2008; OIT, 2014; GÓMEZ ZALDÍVAR; MOLINA, 2018).

Por tudo isso, as Zonas Econômicas Especiais – ZEE's têm um papel relevante nas economias e, por meio de uma tributação especial em uma zona geográfica estabelecida, têm a capacidade de incrementar a competitividade de uma região, além de ser uma referência para a atração de investimento estrangeiro direto. Tais investimentos trazem novos fluxos de capitais para a economia de uma região, fortalece cadeias produtivas regionais, gera emprego e transfere conhecimento. Segundo levantamento feito pela *United Nations Conference on Trade and Development* - UNCTAD, existem 5.383 Zonas Econômicas Especiais em 147 países onde há mais de 45 mil empresas registradas que geram, diretamente, mais de 600 mil empregos, além de serem uma ferramenta chave da atração de investimentos. Outro dado relevante sobre as ZEE's é que 75% delas estão na Ásia, sendo que 47% estão na China. Na América Latina e Caribe estão cerca de 500 ZEE's, com cerca de 10 mil empresas e um milhão de empregos diretos (AZFA, 2021; UNCTAD, 2019; CIIP, 2017; WFZO, 2020).

Pelos motivos acima descritos e, mais especialmente, pela possibilidade de desenvolver suas indústrias nacionais por meio de investimento estrangeiro e fomentar suas exportações é que os países do Sudeste Asiático e da América do Sul encontraram nas Zona Francas uma forma de se industrializar e incluir os seus mercados no comércio internacional. No contexto da América do Sul, as políticas públicas de implementação de ZF's foram importantes porque conseguiram atrair empresas e capital estrangeiro, gerar emprego, assegurar a modernização industrial, fazer transferência tecnológica e transformar a infraestrutura dos locais onde foram criadas (FAROLE, 2011; GARCÍA-CACERES; OSPINA-ESTUPIÑAN, 2017; GÓMEZ ZALDÍVAR; MOLINA, 2018).

Os países da América Latina – AL, buscando dinamizar suas manufaturas e atrair investimento estrangeiro, começaram a criar ZED's em seus territórios, especialmente utilizando-se dos regimes de Zonas Francas. Nesse sentido, cada país criou uma legislação específica e estabeleceu suas prioridades em relação às ZF's. Há países, como a República Dominicana, que fundamentou suas ZF's na área de serviços e de turismo, enquanto outros, como o Peru e o Chile, as utilizaram como forma auxiliar no processo de logística de transporte. Alguns países da região também utilizaram o regime de ZF's como forma de desenvolver regiões mais distantes dos centros econômicos, como no Brasil e na Argentina (CÉSPEDES-TORRES, 2012; GARCÍA-CACERES; OSPINA-ESTUPIÑAN, 2017; GÓMEZ ZALDÍVAR; MOLINA, 2018).

Segundo a Associação de Zonas Francas das América – AZFA (2020), uma entidade sem fins lucrativos que representa as zonas francas instaladas no continente americano, a primeira ZF criada na AL foi em 1923, no Uruguai, e países como Brasil, Panamá, Porto Rico (EUA) e República Dominicana são os pioneiros desse regime especial na região. Até o final do ano de 2018, a América Ibérica (conjunto de países da América Latina cuja língua oficial seja o português ou o espanhol) tinha mais de 600 zonas francas que albergavam cerca de 13.200 empresas e que geravam, direta e indiretamente, quase 2 milhões de empregos.

**Quadro 3 – Ano de Origem ZF's por país**

Ano de Origem	País
1923	Uruguai
1947	Porto Rico (EUA)
1948	Panamá
1957	Brasil (Zona Franca de Manaus)
1969	República Dominicana

Fonte: Adaptado de AZFA (2020).

O Mapa de Zonas Francas produzido pela Associação de Zonas Francas das Américas – AFZA informa que dos treze (13) países que compõem a América do Sul, sete (7) possuem algum tipo de Zona Econômica Especial – ZEE, sendo setenta e três (73) delas Zonas Francas – ZF's, além de outras noventa e duas (92) outros tipos de Zonas Econômicas Especiais (AZFA, 2019).

**Quadro 4 – N° de Zonas Francas na América do Sul**

País da América do Sul	Número de Zonas Francas – ZF's	Número de Outras Zonas Econômicas Especiais – ZEE's
Argentina	13	0
Brasil	1	19
Chile	3	0
Colômbia	36	73
Paraguai	2	0
Peru	7	0
Uruguai	11	0

Fonte: Adaptado de AZFA (2019).

O *Manual de Zonas Francas 4.0*, elaborado e publicado pela Associação de Zonas Francas das Américas – AZFA, estabelece que as chamadas “Zona Francas 4.0” são áreas que contam com condições especiais de tributação, mas cujo espaço compreende o desenvolvimento de operações comerciais, industriais ou de serviços sobre um marco regulatório de desenvolvimento tecnológico sustentável. As Zonas Francas – ZF's instaladas na

América Latina também estão começando a se adaptar para que possam receber investimentos voltados à Indústria 4.0 – I4.0. A Zona Franca de Bogotá – ZFB foi a primeira a modificar suas normativas para se adaptar e atrair investimentos para a área de serviços em nuvem, sistemas automatizados de controle aduaneiro e sistemas de reconhecimento para a área de transportes e mercadorias. Tal iniciativa da ZFB motivou o Governo Colombiano a modificar sua legislação sobre o regime de ZF's a fim de promover e atrair tais investimentos no país. Seguindo o exemplo colombiano, a República Oriental do Uruguai também modificou seu marco de ZF's a fim de conceder incentivos aos serviços ligados à Indústria 4.0, bem com o Brasil, que também definiu marcos regulatórios voltados à atração de investimentos para a I4.0 na Zona Franca de Manaus – ZFM (AZFA, 2022; GUTIÉRREZ, 2020; MINCIT, 2021; ITIKAWA; SANTIAGO, 2021).

#### **2.4 O Polo Industrial de Manaus**

A economia da região amazônica brasileira, historicamente, sempre foi baseada em decisões do Estado Central, desde a sua criação, em 13 de junho de 1621, com o nome de Estado do Maranhão pelo Rei Filipe II de Portugal. Durante o Período Colonial Brasileiro, época em que a região teve também outras denominações, tornando-se, em 1654, Estado do Maranhão e Grão Pará, em 1751, formou-se o Estado do Grão-Pará e Maranhão, dividindo-se em definitivo em 1772 e criando o Estado do Grão-Pará, sempre subordinado diretamente à Portugal. Somente em 1823, um ano após a independência do Brasil, é que o Estado do Grão-Pará é anexado ao Império e perde, em definitivo, a posição de um Estado Colonial Autônomo. Entre os séculos XVII e XVIII, a economia era fundamentada na exploração extrativista das denominadas “drogas do sertão”, o que acabou sendo o primeiro grande ciclo econômico regional que ajudou a financiar a exploração do território amazônico (RODRIGUES; ROSSIGNOLI, 2021; BRITO, 2021; COSTA, 2012).

Embora o primeiro ciclo econômico da região, ainda durante o Período Colonial, tenha chegado à relativa abundância durante o Período Pombalino (1750-1777), foi somente no decorrer do Império Brasileiro (1822-1889), ou seja, um século depois, que a região amazônica encontraria o seu apogeu econômico. Entre o final do século XIX e o começo do século XX, com a descoberta da vulcanização da borracha, ocorre uma transformação da economia da região, tendo início a chamada Era da Borracha ou Ciclo da Borracha, período no qual Manaus sofreu importantes mudanças advindas dos lucros da produção e exportação da borracha (COSTA, 2012; ARAÚJO, 2017; MONTE REY, 2019; RODRIGUES; ROSSIGNOLI, 2021).

Esse período foi muito importante tanto para o Estado do Amazonas – que foi o maior exportador de borracha entre 1870 e 1910 – quanto para a cidade de Manaus, que se tornou a “Paris dos Trópicos” devido aos investimentos em sua infraestrutura urbana, como a construção de pontes, avenidas, praças e opulentos prédios públicos como o Tetro Amazonas e o Palácio da Justiça, além da Biblioteca Pública, a Penitenciária e a Alfândega. A cidade passou de 5 mil habitantes, em 1870, para cerca de 60 mil habitantes, em 1907 (HOLLAND et al., 2019; ARAÚJO, 2017; REY; JÚNIOR, 2020).

No entanto, na primeira década do século XX, a produção amazonense sofre um grande impacto com o início da produção de borracha na Ásia, após sementes serem contrabandeadas da Amazônia para o Reino Unido e, em seguida, para a Malásia. Tal concorrência faz as exportações despencarem e a região passa por um período de forte depressão econômica que durou meio século. Mesmo com a intervenção do Governo Federal com uma tentativa de recuperar a economia gomífera com o Plano de Defesa da Borracha, em 1912, o ciclo da borracha chega ao seu fim e o Plano é descontinuado já em 1915 com a extinção da Superintendência de Defesa da Borracha (HOLLAND et al., 2019; REY; JÚNIOR; 2020).

Segundo Malveira (2009), o período após o ciclo da borracha foi de “queda livre” para a economia da região. As décadas de 1910 a 1960 caracterizam-se por uma época de profunda miséria para aqueles que habitavam o Amazonas. Houve uma tentativa de reativação da economia da borracha por ocasião da Segunda Guerra Mundial, fase em que o Governo do Presidente Getúlio Vargas assinou o Tratado de Washington, em 1942, comprometendo-se em vender toda a produção de borracha aos Estados Unidos. Houve, também, a criação do Banco de Crédito da Borracha S.A e o incentivo para que nordestinos, os chamados “soldados da borracha”, viessem para a Amazônia em busca de suposta riqueza oriunda da extração do látex que teria a compra garantida pelos EUA. No entanto, com o fim dos acordos de Washington, há o fim do compromisso americano de comprar a produção, deixando milhares de trabalhadores sem renda no meio da Amazônia (HOLLAND et al., 2019; MALVEIRA, 2009; MONTE REY, 2019; REY; JÚNIOR, 2020).

Na década de 1940, o Brasil foi fortemente influenciado pelo debate acerca do desenvolvimento regional. Essa influência construiu as bases para o processo de industrialização do centro econômico do país com as chamadas “indústrias de base”. Na Amazônia, as iniciativas começam a se consolidar com a criação do Plano de Valorização Econômica da Amazônia – PVEA, presente no Artigo 199 da Constituição Brasileira de 1946, prevendo que quantia não inferior a três por cento da renda tributária do país fosse destinada ao Plano. Nesse sentido, tentando contornar a situação dos “soldados da borracha”, o Governo

usou as verbas aplicadas no PVEA para comprar o excedente da produção de borracha amazônica; em seguida, em 1950, criou o Banco de Crédito da Amazônia S.A a partir da transformação do antigo Banco de Crédito da Borracha, o objetivo do “novo” Banco era estimular a industrialização e o comércio da borracha no mercado nacional. O começo da década de 1950 é marcado também pela primeira iniciativa voltada à criação de uma área de incentivos fiscais especiais na cidade de Manaus com o protocolo na Comissão de Constituição e Justiça da Câmara dos Deputados, em 24 de outubro de 1951, do Projeto de Lei – PL nº 1.310/51, de autoria do Deputado Federal Pereira da Silva que propunha criar um “porto franco” na cidade de Manaus, capital do Estado do Amazonas (BRITO, 2021; MONTE REY, 2019; HOLLAND et al., 2019; CAVALCANTE, 2020).

Em 1953, com o objetivo de controlar e dar mais centralidade à aplicação dos recursos destinados ao Plano de Valorização Econômica da Amazônia, o Governo Federal cria a Superintendência do Plano de Valorização Econômica da Amazônia – SPVEA. Porém, apesar de algumas iniciativas exitosas, como a construção da rodovia Belém-Brasília e o financiamento de alguns projetos industriais na Amazônia, os resultados foram classificados como tímidos, assim como foram os resultados práticos da Lei nº 3.173/57, que criou uma Zona Franca em Manaus a partir do PL nº 1.310/51 do Deputado Pereira da Silva. Por isso, com a ascensão de um novo governo ao poder, em 1966, houve uma reformulação no planejamento das iniciativas de desenvolvimento regional da região chamada “Operação Amazônia”, ocorrida durante o governo de General Castello Branco (FREITAS et al., 2015; CAVALCANTE, 2020).

A reformulação do planejamento de desenvolvimento regional da Amazônia começou a tomar forma por meio da edição de uma série de leis sugeridas pelo Grupo de Trabalho, que pôs em ação a “Operação Amazônia”. Dentre as três modificações sugeridas e realizadas mais significativas estão a Lei nº 5.173/66, que extinguiu a SPVEA e criou a Superintendência de Desenvolvimento da Amazônia – SUDAM, a Lei nº 5.122/66, que transforma o Banco de Crédito da Amazônia em Banco da Amazônia S.A, com o objetivo de executar a política de crédito para o desenvolvimento econômico-social da região, e o Decreto-Lei nº 288/67, que revogou a Lei nº 3.173/57, criando uma área de livre comércio de importação e exportação e de incentivos fiscais especiais no interior da Amazônia, que culmina com a criação da Superintendência da Zona Franca de Manaus – SUFRAMA, autarquia responsável por administrar a “nova” Zona Franca de Manaus (FREITAS et al., 2015; CAVALCANTE, 2020; MONTE REY, 2019).

A Zona Franca de Manaus – ZFM, regulamentada pelo Decreto-Lei nº 288/67, estabelece, portanto, a ZFM enquanto uma política pública para o desenvolvimento econômico

da Amazônia por meio de incentivos fiscais e cujos pilares estão na criação de três polos – comercial, industrial e agropecuário – na sua área de abrangência, que compreendia, inicialmente, um território de 10 mil quilômetros quadrados em torno do município de Manaus. Em 1968, por meio do Decreto-Lei n° 356/68, parte dos incentivos foi estendida a região conhecida como Amazônia Ocidental – AMOC, que compreende, além do Amazonas, os Estado do Acre, Rondônia e Roraima e a área de abrangência dos incentivos passou a 8,5 milhões de quilômetros quadrados. Embora sejam três os pilares de sustentação do projeto – o comercial, o agropecuário e o industrial –, este último é considerado a base de sustentação do projeto Zona Franca de Manaus e representa o que se conhece como Polo Industrial de Manaus – PIM, onde está o Distrito Industrial que comporta cerca de 500 indústrias nacionais e multinacionais que geram, direta e indiretamente, cerca de 500 mil empregos nos subsetores de eletroeletrônicos, duas rodas, químico, bens de informática, termoplásticos, metalúrgico, entre outros (MONTE REY, 2019; CAVALCANTE, 2020; SUFRAMA, 2017; SILVA, 2019).

No momento de sua criação, em 1967, a Zona Franca de Manaus fora pensada com um prazo de vigência de 30 anos, terminando em 1997. No entanto, algumas alterações foram realizadas para que seu prazo fosse prorrogado, estando estabelecida hoje até 2073, conforme a Emenda Constitucional n° 83, de 2014 (SOUZA; JUNIOR, 2020).

**Quadro 5 – Prorrogações da Zona Franca de Manaus**

Ano	Legislação	Período prorrogado
1986	Decreto n° 92.560	De 1997 para 2007
1988	Art. 40 do ADTC – CF88	De 2007 para 2013
2003	Emenda Constitucional n° 42	De 2013 para 2023
2014	Emenda Constitucional n° 83	De 2023 para 2073

Fonte: Adaptado de Souza; Junior (2020).

Destaca-se ainda que, ao longo da trajetória histórica da política pública Zona Franca de Manaus, evidenciam-se especialmente cinco fases distintas (HOLLAND et al., 2019; SOUZA; JUNIOR, 2020).

**Quadro 6 – Fases da Zona Franca de Manaus**

Período	Característica
1967 a 1975	Predomínio do polo comercial e da indústria de montagem no Polo Industrial de Manaus.
1975 a 1990	Marcado pelo índice mínimo de nacionalização que agrega valor ao Polo Industrial de Manaus.
1991 a 1996	Declínio do polo de comércio, instituição do Processo Produtivo Básico que agrega ainda mais valor ao Polo Industrial de Manaus e o começo dos

	investimentos em pesquisa e desenvolvimento para as empresas de bens de informática.
1996 a 2002	Mudança na Política Nacional de Informática e busca pela modernização tecnológica com a instituição do Centro de Ciência, Tecnologia e Inovação – CT-PIM e a inauguração do Centro de Biotecnologia da Amazônia – CBA.
2003 até dias atuais	Regulamentação da Lei de Informática, criação da Feira Internacional da Amazônia – FIAM e a busca pela inserção dos produtos em novos mercados.

Fonte: Adaptado de Holland et al. (2019) e Souza; Junior (2020).

O Polo Industrial de Manaus – PIM fechou o ano de 2020 com cerca de 450 indústrias instaladas e gerando 93.317 empregos diretos e o ano de 2021 com cerca de 430 indústrias e gerando 103.507 empregos diretos. O faturamento das empresas instaladas no PIM, em 2020, chegou a 119,68 bilhões de reais e em 2021, alcançou 158,62 bilhões de reais, melhor resultado da história, e tendo os segmentos de eletroeletrônicos e bens de informática à frente do faturamento global do PIM, com participações que juntas chegam a 50% do faturamento global (SUFRAMA, 2021; SUFRAMA, 2022).



### 3 PERCURSO METODOLÓGICO

Neste capítulo do trabalho são apresentados os procedimentos metodológicos que conduziram o desenvolvimento da pesquisa que investigou os direcionadores para o desenvolvimento da Indústria 4.0 nas indústrias do Polo Industrial de Manaus.

De modo a enumerar as técnicas utilizadas nesse estudo, apresentam-se as seguintes seções: natureza da pesquisa, objetivos da pesquisa, abordagem da pesquisa, *locus* da pesquisa, procedimentos da pesquisa, método da coleta de dados, análise de dados e resultados e esquema de operacionalização da pesquisa.

#### 3.1 Natureza da Pesquisa

A pesquisa é classificada como aplicada do ponto de vista de sua natureza, dado que tem um foco prático em alcançar resultados específicos relacionados ao Polo Industrial de Manaus – PIM. É comum, nos cursos ligados à Engenharia de Produção, que as pesquisas sejam de natureza aplicada porque a gestão de operações é uma das áreas de uso desta engenharia e a busca por encontrar soluções ou direcionadores aos problemas reais traz consigo uma natureza aplicada ao desenvolvimento de processos e de produtos (APPOLINÁRIO, 2006). Essa natureza de pesquisa objetiva a produção de conhecimentos a serem aplicados na prática como forma de solução de problemas específicos e imediatos (PRADANOV; FREITAS, 2013; COOPER; SCHINDLES, 2016).

Propor soluções à impasses institucionais por meio da compreensão de problemas relacionados às situações específicas é o objetivo de uma pesquisa aplicada e a proposta de investigar os direcionadores para o desenvolvimento da Indústria 4.0 nas indústrias instaladas no Polo Industrial de Manaus pode auxiliar à Suframa, ou ao Governo Federal, a aperfeiçoar seus processos internos e, dessa forma, melhorar os seus resultados (GRAY, 2012).

No mais, os mestrados profissionais devem desenvolver uma pesquisa aplicada com o propósito de adquirir ou gerar novos conhecimentos através de novos processos ou produtos para a solução de produtos determinados e com um objetivo prático (SOUZA; SILVINO, 2018).

#### 3.2 Objetivos da Pesquisa

A pesquisa teve caráter exploratório e descritivo no que diz respeito aos seus objetivos. O formato de pesquisa bibliográfica dá o caráter de pesquisa exploratória, pois proporciona o acúmulo de informações acerca do tema estudado, especialmente pelo fato de ser uma investigação sobre um objeto que não se tem muita produção acadêmica a respeito: o

desenvolvimento da Indústria 4.0 no Polo Industrial de Manaus. Dessa maneira, um estudo exploratório auxiliou na definição e no escopo do tema investigado e envolveu o levantamento bibliográfico, as entrevistas com as empresas que se relacionam com o objeto e o exame de casos que ajudaram no entendimento da situação (GRAY, 2012; PRADANOV; FREITAS, 2013). Com o propósito de se levantar informações acerca de determinado objeto é que se faz pesquisas de caráter exploratório, determinando-se os seus limites e mapeando os seus atos (SEVERIANO, 2017).

Uma pesquisa que se limita a descrever os acontecimentos utiliza-se do método descritivo, pois se propõe a descobrir “o que, quem, onde, quando e quanto”, conforme salientam Cooper e Schindler (2016, p. 376). Por isso, esse método de pesquisa é usado para agrupar informações e materiais que provêm de fontes diversas, objetivando esboçar uma situação ou um caso de forma a apresentar como as coisas se relacionam no processo (GRAY, 2012; PRODANOV; FREITAS, 2013; CHIZZOTTI, 2018).

### **3.3 Abordagem da Pesquisa**

Esta pesquisa utilizou métodos de dados mistos quanto à abordagem, dessa forma adotou meios qualitativos e quantitativos.

Caracteriza-se a pesquisa quantitativa por apoiar-se em cálculos para medir seus resultados, esclarecendo as informações e as opiniões mediante números para então alistá-las e estudá-las. Nesse tipo de método, diante de dados mensuráveis, procura-se examinar regularidades de ocorrências com o propósito de medir a autenticidade (ou ausência dela) do objeto observado (FONSECA, 2012; PRODANOV; FREITAS, 2013; CHIZZOTTI, 2018).

Pelas razões acima elencadas é que a pesquisa foi classificada como quantitativa, pois aplicou ferramentas que buscaram identificar e determinar dados – nesse caso, os direcionadores para o desenvolvimento da Indústria 4.0 no Polo Industrial de Manaus. Por outro lado, o método de pesquisa qualitativa está voltado à análise de casos reais e considera expressões e atividades dos indivíduos inseridos no contexto – objetiva-se estudar e interpretar o objetivo ou ambiente investigado de maneira a obter informações complementares (FLICK, 2008; PÁDUA, 2019).

A pesquisa qualitativa, segundo Chizzotti (2018), é aquela em cujas informações são extraídas a partir da observação de comportamentos e de práticas, ocorre no meio pesquisado e envolve uma coleta de dados. É possível, portanto, o uso da observação e da análise documental na pesquisa qualitativa, assim como a comunicação direta com o objeto pesquisado por meio

de entrevistas de onde foram extraídas as informações, em forma de dados, de forma a dar suporte à percepção do evento, para depois serem interpretadas.

Com o propósito de melhor compreender um fenômeno, as pesquisas quantitativas e qualitativas devem se complementar (CHIZZOTTI, 2018). Por isso é que uma pesquisa que se baseia em uma abordagem qualitativa-quantitativa utiliza-se de dados mistos, com o objetivo de promover um entendimento mais amplo sobre o problema da pesquisa. Com métodos mistos, o pesquisador coleta variados tipos de dados, o que lhe oferece uma percepção mais completa do que se usasse apenas dados quantitativos ou qualitativos (CRESWELL; CRESWELL, 2017).

Dentro do campo da Engenharia de Produção, segundo Martins (2012), o estudo de caso é o método que mais se adequa à abordagem qualitativa, para Piagge (2018), esta metodologia pressupõe a cooperação do pesquisador como agente de mudança.

Segundo Yin (2015), o estudo de caso é um método cuidadoso de pesquisa, sendo tratado como uma importante estratégia metodológica, pois permite um foco em relação ao objeto estudado, uma investigação prática de um fenômeno dentro do contexto da vida real. Classifica-se em estudo de caso único ou estudo de casos múltiplos, sendo o segundo tipo utilizado nesta investigação, pois envolve o estudo de mais de um caso e tem como vantagem proporcionar, por meio das evidências dos casos, estudo mais robusto (VENTURA, 2007).

Dessa forma, o uso do estudo de caso múltiplo constitui uma estratégia de investigação, uma vez que viabiliza o estudo de um fenômeno no contexto real, com fontes diversas de evidências que promovem uma reflexão mais ampla sobre os direcionadores e a busca de alternativas para a solução do problema, assim, contribuindo para o avanço do conhecimento sobre o tema.

### **3.4 *Locus da Pesquisa***

Uma vez que o objetivo da pesquisa foi a identificação de direcionadores para o desenvolvimento na Indústria 4.0 no Polo Industrial de Manaus, o *locus* da pesquisa recai sobre o centro industrial da Zona Franca de Manaus, localizado na capital do Estado do Amazonas. Sendo assim, a pesquisa ocorreu no âmbito do denominado Polo Industrial de Manaus – PIM, fruto da política de desenvolvimento regional por meio de incentivos fiscais da Zona Franca de Manaus, que é administrado pela Superintendência da Zona Franca de Manaus – SUFRAMA.

A Zona Franca de Manaus foi regulamentada por meio do Decreto-Lei nº 288, de 28 de fevereiro de 1967, cujo objetivo era estabelecer três centros, no interior da Amazônia: um centro industrial, um comercial e um agropecuário. O primeiro centro ficou conhecido como Polo Industrial de Manaus – PIM, que fechou o ano de 2020 com cerca de 450 indústrias instaladas.

Segundo dados do Caderno de Indicadores da Suframa (2021), no ano de 2020, existiam 24 “subsetores” industriais no Polo Industrial de Manaus, são eles: Eletroeletrônico/Bens de Informática, Relojoeiro, Duas Rodas, Termoplástico, Bebidas, Metalúrgico, Mecânico, Madeireiro, Papel e Papelão, Couros e Similares, Químico, Material de Limpeza e Velas, Vestuário e Calçados, Produtos Alimentícios, Editorial e Gráfico, Têxtil, Mineral não metálico, Mobiliário, Beneficiamento de Borracha, Ótico, Brinquedos, Isqueiros, Canetas e Barbeadores descartáveis, Naval e Diversos (SUFRAMA, 2020).

Para fins desta pesquisa e tendo como base o Caderno de Indicadores de Desempenho do Polo Industrial de Manaus – PIM 2016-2020, publicado pela Suframa em 2021, estabeleceram-se três critérios distintos para a escolha dos setores industriais que fazem parte deste estudo: (1) os investimentos produtivos realizados pelos setores; (2) o faturamento por setor de atividade no mesmo período; e (3) a mão de obra ocupada no setor, todos entre 2018 e 2020. O objetivo é que os setores mais relevantes, do ponto de vista econômico, sejam investigados, ou seja, os setores que mais investem em produção, que mais faturam em vendas e que mais geram empregos diretos no PIM.

Nesse sentido, definiu-se como parte da amostra os setores industriais cujos investimentos no período estabelecido estivessem acima de 50 milhões de dólares, o faturamento acima de 100 milhões de reais e gerassem mais de mil empregos diretos. Feito esse corte, restaram os seguintes setores: (1) eletroeletrônicos/bens de informática; (2) relojoeiro; (3) duas rodas; (4) termoplástico; (5) metalúrgico; (6) mecânico; (7) papel e papelão; (8) químico e, por fim, (9) isqueiros, canetas e barbeadores descartáveis.

Sendo assim, todo o universo amostral é composto por empresas do Polo Industrial de Manaus, o que está em linha com o *locus* da pesquisa e, entre os setores estabelecidos, estão empresas de bens finais e intermediários, bem como de indústrias com e sem obrigatoriedade de aplicação em pesquisa, desenvolvimento e inovação, o que evidencia o método de dados mistos proposto metodologicamente.

Esta pesquisa selecionou um tipo de amostra não probabilística, tomando como definição do universo e amostra da pesquisa o critério de acessibilidade proposto por Prodanov e Freitas (2013): duas empresas de cada um dos nove setores industriais mais relevantes do PIM, segundo os dados de seleção estabelecidos, quais sejam: faturamento, investimento e mão-de-obra. Diante disso, o universo da pesquisa restringir-se-á às duas empresas, selecionadas por critério de acessibilidade, de cada um dos nove setores industriais mais relevantes, ou seja, a amostra é não probabilística intencional e prevê uma amostragem de 18 empresas. O Quadro 7 apresenta uma síntese dos setores e empresas que constituíram a amostra da pesquisa.

**Quadro 7 – Síntese dos Subsetores e Amostra da Pesquisa**

<b>Subsetor de Atividade</b>	<b>Quantidade Empresas (2020)</b>	<b>Amostra da Pesquisa</b>
Eletroeletrônico/Bens de Informática	102	02
Relojoeiro	007	02
Duas Rodas	034	02
Termoplástico	083	02
Metalúrgico	049	02
Mecânico	021	02
Papel e Papelão	016	02
Químico	048	02
Isqueiros, canetas e barbeadores descartáveis	007	02
<b>Total</b>	<b>367</b>	<b>18</b>

Fonte: Autor (2021).

Segundo dados da Suframa (2021), o Polo Industrial de Manaus compreende um universo de aproximadamente 450 indústrias, em 24 subsetores industriais, ou seja, os nove subsetores selecionados nesta pesquisa correspondem à 83% de todas as indústrias instaladas no PIM até o final de dezembro de 2021.

### 3.5 Procedimentos da Pesquisa

Para atingir os objetivos da pesquisa, a investigação requer que seja estabelecido um procedimento ou percurso que é um conjunto de atividades sistematizadas e racionais que baseiam o caminho a ser perseguido o que auxilia o pesquisador. Por isso, a definição desses procedimentos, esteve diretamente relacionado ao objetivo da pesquisa e do universo que foi pesquisado (MARCONI; LAKATOS, 2011; PRADANOV; FREITAS, 2013).

Por esta razão, quanto ao procedimento de pesquisa, classifica-se esta investigação como pesquisa de campo. Este procedimento de estudo está baseado na observação de fenômenos e de fatos que acontecem voluntariamente, durante a coletas de dados e no registro de variáveis que se estabelece para o exame do objeto estudado (MARCONI; LAKATOS, 2011; PRADANOV; FREITAS, 2013).

A pesquisa de campo é distinta de outras investigações pois vai além da pesquisa bibliográfica e documental e coleta dados por meio de pesquisa diante de pessoas. Na prática, dá-se por levantamento de dados e observação de fatos como eles ocorrem e podem acontecer em campo ou em laboratório, com o propósito de conseguir informações ou uma compreensão mais ampla acerca do problema ou da hipótese (FONSECA, 2002; ALVES, 2009; CASTILHO; BORGES; PEREIRA, 2017).

### 3.6 Coleta de Dados

O procedimento de escolha do instrumento de coletas de dados de uma pesquisa, segundo Pradanov e Freitas (2013), está diretamente relacionado com o objetivo da investigação e com o universo a ser estudado. Assim, este estudo foi classificado como pesquisa documental e utilizou-se do método de pesquisa *survey* para a investigação e compreensão das informações (FONSECA, 2002; GIL, 2010).

A pesquisa é considerada documental porque utilizou-se de toda sorte de documentos durante a investigação, que na maior parte das vezes são documentos de uso interno das organizações. Além disso, a pesquisa documental se caracteriza por levantar dados que ainda não passaram por um crivo analítico, ou documentos que podem ser reelaborados a depender do propósito da investigação (PRODANOV; FREITAS, 2013; SEVERINO, 2017).

Este tipo de pesquisa se restringe a documentos escritos ou não denominadas fontes primárias e podem ser coletadas durante ou após o fato ou fenômeno estudado. A pesquisa documental pode ser a única fonte de informação de uma pesquisa ou pode ser realizada em conjunto com outros métodos de pesquisa e de coleta de dados. A pesquisa documental tem por finalidade organizar informações que estejam dispersas e em diferentes formas. A organização dos dados coletados é fundamental para a compreensão do objeto estudado e a pesquisa documental costuma ser mais utilizada em pesquisas cujos dados e informações ainda precisem de melhores investigações ou cujos problemas ainda sejam controvertidos ou obscuros (GIL, 2010; PRODANOV; FREITAS, 2013; CHIZZOTTI, 2018).

Neste estudo, o levantamento de dados acerca das políticas públicas voltadas à I4.0 foi realizada nos documentos internos, tais como notas técnicas, notas informativas, pareceres, portarias, instruções normativas, publicações em sites institucionais e demais fontes de dados documentais da Superintendência da Zona Franca de Manaus – Suframa e do órgão à que ela está vinculada, o Ministério da Economia, em participar a Secretaria Especial de Produtividade, Emprego e Competitividade – SEPEC.

Além disso, e procurando realizar uma investigação mais ampla acerca do objeto estudado, esta pesquisa utilizou o método *survey* que consiste na aquisição de dados ou de informações sobre ações, opiniões ou características de determinado grupo de pessoas que representam uma população-alvo, através de um questionário. Buscou-se, portanto, diretamente como o grupo de interesse, a informação desejada, muito útil em pesquisas exploratórias e descritivas (FONSECA, 2002; SANTOS, 1999).

Segundo Fonseca (2002), este tipo de método *survey* é mais apropriado quando se deseja responder questões como, o que, porque, como e quando, e o ambiente natural é a melhor

situação para se estudar o fenômeno de interesse sendo que o objeto ou processo estudado ocorre no presente ou num passado recente. Para Babbie (1999) a pesquisa *survey* pode se utilizar de pesquisas com amostras probabilísticas e não probabilísticas a depender da natureza da pesquisa. Pesquisas de naturezas quantitativa costumam usar amostras probabilísticas e as de natureza qualitativa, amostras não probabilísticas que costumam resultar daquelas cujo acesso à informação considera a acessibilidade ou conveniência.

Nesta pesquisa, as dimensões e as variáveis que nortearam a formulação do questionário foram elaboradas após a revisão de literatura conforme previsto no Cronograma do Estudo.

O questionário (*survey*) foi composto de dezessete (17) perguntas, todas fechadas, de múltipla escolha sendo oito (8) perguntas respondidas utilizando a escala Likert a fim de obter dados qualitativos para a pesquisa. Os questionamentos foram todos voltados ao objeto da pesquisa e buscaram fazer o levantamento de dados acerca do desenvolvimento da Indústria 4.0 no Polo Industrial de Manaus, conforme demonstrado no Apêndice I. A pesquisa de campo com a aplicação do *survey* ocorreu entre os meses de maio a julho de 2022 período no qual os dezoito (18) entrevistados, representantes das empresas, responderam às perguntas do questionário. Todos os entrevistados eram moradores de Manaus, tinham relação direta com empresas com projetos industriais aprovados na Suframa e estavam no nível gerencial das empresas.

### **3.7 Análise de Dados**

Posteriormente à fase de levantamento dos dados, eles precisam ser analisados e interpretados. Esta fase compreende uma série de procedimentos tais como a interpretação de das respostas, a tabulação dos dados e mensuração de dados estatísticos que exigem conhecimentos adquiridos a fim de relacionar e validar os dados e informações levantados (GIL, 2010; ANDRADE, 2010).

Nesta pesquisa, a análise dos dados ocorreu em etapas. Sendo a primeira o levantamento de dados que aconteceu por meio de pesquisas documentais na SUFRAMA, no Ministério da Economia e outros órgãos públicos com o propósito de colher dados que pudessem ser utilizados como indicadores e a segunda etapa durante a própria pesquisa de campo por meio da pesquisa *survey*. Priorizaram-se os documentos que tratavam diretamente do tema pesquisado, qual seja, a Indústria 4.0.

Em outra etapa da pesquisa, as informações levantadas tanto pela pesquisa documental quanto pela pesquisa *survey* foram organizadas e subsidiaram a elaboração de quadros, tabelas, fluxogramas que permitissem identificar o objeto estudado. Nesse momento, aplicaram-se técnicas de estatística descritiva e a Análise de *Gap*.

As técnicas de estatística descritiva são utilizadas para descrever dados quantitativos e sumarizar um conjunto de dados por meio de cálculos índices como média, mediana, moda, variância e desvio-padrão. Estas técnicas são usadas para resumir dados e auxiliam na interpretação e na comunicação dos estudos, nesse sentido juntam e apresentam graficamente dados de uma pesquisa, utilizando-se de métodos numéricos e gráficos para mostrar os padrões de comportamento de dados determinados, a fim de sintetizar uma informação contida nos dados e apresentar a informação de forma conveniente (FÁVERO et al., 2009; HAIR JR. et al., 2005; MALHOTRA, 2012; AMORIM, 2014; APPOLINÁRIO, 2006).

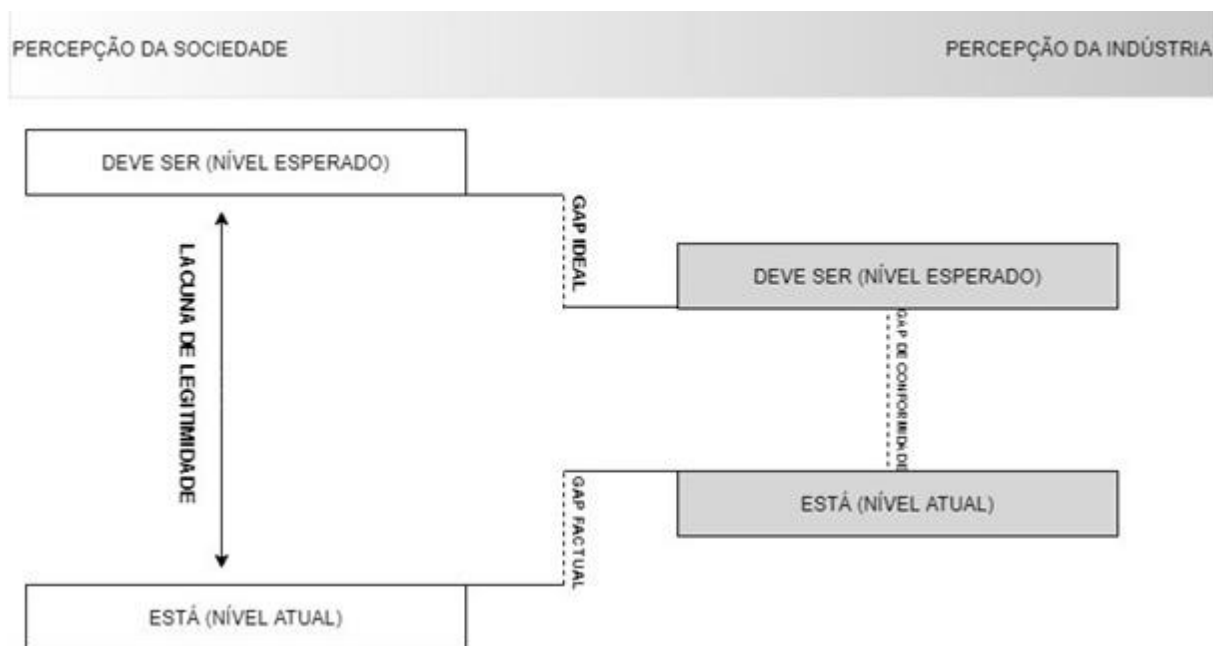
Ainda nesta etapa de organização e avaliação dos dados e informações levantadas, utilizou-se a ferramenta de análise de Gap ou análise de lacunas. A análise de lacunas é uma ferramenta ou um processo para identificar onde estão as lacunas e quais diferenças existem entre a situação atual de uma organização e “o que deveria ser”. Por meio da análise de lacunas, a organização busca modificar sua situação atual para chegar a uma situação desejada (KIM; JI, 2018; JENNINGS, 2000).

A análise de *gap* ou de lacunas contribuiu, nesta pesquisa, especialmente na apresentação de proposições para a adoção de políticas públicas de transição e para o desenvolvimento da Indústria 4.0 no PIM uma vez que a análise de lacunas contribui para a elaboração futura de um plano de implementação de mudanças e para melhoria da eficácia organizacional em muitas áreas diferentes do objeto estudado. Isso pode incluir um sistema de gestão, como recursos humanos ou planejamento de recursos, projeção de mercado, tecnologia da informação entre outros.

A análise de lacunas pode ser aplicada a muitos campos diferentes. Por esta razão, existem várias abordagens de análise de lacunas na literatura existente de marketing, gestão, gestão de marca, gestão de problemas e campos de comunicação, onde as principais diferenças residem nos tipos de lacunas de interesse. A depender dos interesses centrais de cada campo, muitos tipos diferentes de lacunas foram identificados: lacuna no mercado, lacuna de produto, lacuna de uso, lacuna de desempenho, lacuna de expectativa, lacuna de legitimidade, lacuna de conformidade, lacuna ideal e assim por diante. Nas áreas de gestão de questões e comunicação estratégica, os pesquisadores destacam a necessidade de identificar lacunas de expectativas e lacunas de legitimidade conforme demonstra Figura 1 (KIM; JI, 2018; PANWAR; HANSEN; KOZAK, 2014).



**Figura 1** – Análise de *Gap*



Fonte: Autor (2021).

A lacuna de expectativa pode ocorrer quando há diferenças entre as visões da sociedade e das indústrias sobre "o que deveria ser" para o comportamento de determinada política (ou seja, expectativas de desempenho) e sobre o status atual do comportamento da política pública (percepção do desempenho atual), além das visões organizacionais (ou seja, visão interna) sobre as diferenças entre o desempenho esperado e real da política pública analisada. Uma vez que uma lacuna de expectativa se refere à discrepância em termos de expectativas da sociedade e expectativas das indústrias em relação ao desempenho de uma política pública específica ou entre domínios públicos e privados, uma lacuna de expectativa abrange três tipos diferentes de lacuna: lacuna factual, lacuna de conformidade e lacuna ideal conforme a figura 1 demonstra (WARTICK; WOOD, 1998; PANWAR; HANSEN; KOZAK, 2014).

### 3.8 Esquema de Operacionalização da Pesquisa

**Quadro 8** – Procedimentos Metodológicos

<b>Natureza da Pesquisa</b>	Aplicada
<b>Objetivos da Pesquisa</b>	Exploratória e Descritiva
<b>Abordagem da Pesquisa</b>	Qualitativa e Quantitativa
<b>Procedimentos da Pesquisa</b>	Pesquisa de Campo
<b>Métodos para Coleta de Dados</b>	Documental <i>Survey</i>

<b>Análise dos Dados</b>	Análise dos Documentos Coletados Pesquisa <i>Survey</i> (Questionários) Técnicas de Estatística Descritiva Análise de <i>Gap</i>
<b>Operacionalização da Pesquisa</b>	Identificar as Políticas Públicas Realizar o Diagnóstico Apresentar Proposições

Fonte: Autor (2021).

## 4 RESULTADOS DA PESQUISA

Neste capítulo, os resultados obtidos para o atingimento do objetivo desta dissertação são apresentados, qual seja: investigar os direcionadores para o desenvolvimento da Indústria 4.0 nas indústrias do Polo Industrial de Manaus.

### 4.1 Políticas Públicas voltadas à Indústria 4.0 no Polo Industrial de Manaus – PIM

As políticas públicas, enquanto aplicação de programas ou planos cujo objetivo seja desenvolver, aperfeiçoar ou mitigar problemas das sociedades tendo como base estudos científicos, tiveram início nas primeiras décadas do século XX e foram fundamentais tanto para o estímulo à ciência das políticas públicas (*policy studies*) quanto ao investimento em pesquisas aplicadas aos principais desafios da sociedade. No Brasil, as primeiras políticas públicas começaram a ser aplicadas na década de 1930 com o Governo do Presidente Getúlio Vargas e o seu objetivo de desenvolver o país (VAITSMAN; RIBEIRO; LOBATO, 2013; FARR; HACKER; KAZEE, 2006).

Um dos principais desafios da sociedade moderna é o desenvolvimento da ciência, tecnologia e inovação – CT&I e, para isso, são desenvolvidas políticas públicas específicas que auxiliem e fomentem tais atividades nos países. Elas são relevantes para a competitividade e desenvolvimento não apenas de determinadas regiões, mas também de empresas e das indústrias, uma vez que boa parte do uso do conhecimento científico é aplicado aos processos de produção, como ocorreu em todas as revoluções industriais (VIOTTI; MACEDO, 2003; FERREIRA, 2018).

As primeiras iniciativas do Governo Brasileiro para o desenvolvimento da política pública de CT&I no país ocorreram na década de 1950 com a institucionalização de entidades públicas para o fomento à Ciência, Tecnologia e Inovação. Assim, a Lei nº 1.310, de 15 de janeiro de 1951, cria o Conselho Nacional de Pesquisas que, no primeiro artigo, prevê que a finalidade do Conselho era “promover e estimular o desenvolvimento da investigação científica e tecnológica em qualquer domínio do conhecimento”. Posteriormente, em 6 de novembro de 1974, por meio da Lei nº 6.129, transforma-se em Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq. Ainda em 1951, por meio do Decreto nº 29.741, de 11 de julho, o Presidente da República institui uma Comissão para promover a Campanha Nacional de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, constituindo-se essas iniciativas as primeiras da história da república voltadas à promoção da ciência, tecnologia e inovação (FERREIRA, 2018; OLIVEIRA, 2016).

Em 15 de março de 1985, por meio do Decreto nº 91.146, o Presidente José Sarney cria o órgão central do Governo Federal para a gestão de toda a política nacional voltada à CT&I, o Ministério da Ciência e Tecnologia – MCT, o que representou um marco para a comunidade científica e tecnológica do país e para a gestão das políticas públicas na área. Por fim, em 9 de janeiro de 1996, através da Lei nº 9.257, a Presidência da República cria o Conselho Nacional de Ciência e Tecnologia – CCT como um órgão de assessoramento especial ligado diretamente ao Presidente da República do Brasil e responsável, entre outras coisas, pela proposição da política de CT&I do país (VELHO, 2011; OLIVEIRA, 2016; FERREIRA, 2018).

**Quadro 9 – Marcos Inaugurais da Política de CT&I no Brasil**

<b>Legislação</b>	<b>Ano</b>	<b>Criação</b>
Lei nº 1.310	1951	Conselho Nacional de Pesquisas
Decreto nº 29.741	1951	Comissão para promover a Campanha Nacional de Aperfeiçoamento de pessoal de nível superior
Lei nº 6.129	1974	Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq
Decreto nº 91.146	1985	Ministério da Ciência e Tecnologia
Lei nº 9.257	1996	Conselho Nacional de Ciência e Tecnologia

Fonte: Autor (2022).

Com o objetivo de organizar as ações do Sistema Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação – SNTCI, o Governo Federal Brasileiro estabeleceu, em 2016, por meio do Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações, uma “Estratégia Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação (Encti) – 2016/2022”, onde reconhece que o país – até então – não fizera uma inflexão decisiva para a industrialização tendo como base a educação, a ciência e a tecnologia como suporte ao desenvolvimento nacional. O Encti 2016/2022 é, portanto, a orientação estratégica para a implementação de políticas públicas na área de CT&I e foi o resultado de consultas públicas debatidas com os atores do setor (MURARO, 2021; COSTA; BATISTA; COSTA, 2020).

Embora o Encti 2016/2022 não faça menção direta ao termo Indústria 4.0, sua elaboração contou com a participação de organizações públicas e privadas ligadas à indústria nacional, tais como a Confederação Nacional da Indústria – CNI, o Serviço Brasileiro de Apoio à Micro e Pequena Empresa – SEBRAE e do Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços – MDIC, que incluíram na Estratégia uma área prioritária de novos processos produtivos voltada às “Tecnologias Convergentes e Habilitadoras”, onde há a previsão de

elaboração do “Plano de Ação em Ciência, Tecnologia e Inovação para Tecnologias Convergentes e Habilitadora” e do “Plano Nacional para a Manufatura Avançada”, termo sinônimo à Indústria 4.0 e que prevê a utilização de tecnologias da informação e comunicação e a Internet das Coisas para a produção de bens, a fim de criar as bases para o estabelecimento da manufatura avançada no país. Ou seja, trata-se do primeiro documento do Governo Federal Brasileiro no qual há a previsão do estabelecimento de políticas públicas voltadas ao desenvolvimento da manufatura avançada no Brasil – após ele, o Governo Federal começou algumas iniciativas relacionadas ao desenvolvimento da Indústria 4.0 (LUCAS; SILVA, 2017; MURARO, 2021; COSTA; BATISTA; COSTA, 2020).

**Quadro 10** – Iniciativas do Governo Federal e a Indústria 4.0

Nome da Iniciativa	Ano	Órgão/Entidade
Estratégia Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação - Encti 2016/2022	2016	MCTI
Plano de CT&I para Manufatura Avançada no Brasil – Pró-Futuro	2017	MCTI
Plano Nacional de Internet das Coisas	2019	MCTI/BNDES
Plano de Ação da Câmara da Indústria 4.0 do Brasil	2019	MCTI/ME/ABDI/CNI/FINEP/CNPq/BNDES/SEBRAE/EMBRAPII
Plano de Ação de CT&I para Tecnologias Convergentes e Habilitadoras (Volume IV – Manufatura Avançada)	2020	MCTI
Política Nacional de Inovação	2020	MCTI
Estratégia Nacional de Inovação	2021	MCTI

Fonte: Autor (2022).

A Estratégia Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação (Encti) – 2016/2022 é, portanto, o documento norteador, publicado pelo Governo Federal Brasileiro, em dezembro de 2016, que estabelece as bases da criação de políticas públicas que fomentem a Indústria 4.0 ou manufatura avançada no Brasil. A partir desta iniciativa, o MCTI liderou uma série de iniciativas para o fomento da Indústria 4.0 no país, algumas diretamente ligadas às diretrizes

previstas no Encti 2026/2022, como o “Plano de CT&I para a Manufatura Avançada no Brasil – Pró-Futuro”, apresentado em 2017, o “Plano Nacional de Internet das Coisas”, de 2019, e o “Plano de Ação em Ciência, Tecnologia e Inovação para Tecnologias Convergentes e Habilitadora”, lançado em 2020, e cujo 4º volume é dedicado à manufatura avançada. Essas ações contribuíram para o estabelecimento do “Plano de Ação da Câmara da Indústria 4.0 do Brasil” em 2019, assim como outras iniciativas que auxiliam no fomento à I4.0 no país, como a “Política Nacional de Inovação” e a “Estratégia Nacional de Inovação”, de 2020 e 2021, respectivamente (ARBIX et al., 2017; BRASIL, 2016; BRASIL, 2017a; BRASIL, 2017b; BRASIL, 2020).

Algumas iniciativas voltadas ao desenvolvimento da Manufatura Avançada ou I4.0 contaram com o apoio do Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços – MDIC, órgão responsável pela gestão da política industrial brasileira extinto em janeiro de 2019, quando foi incorporado ao Ministério da Economia – ME. No ano de 2015, em parceria com o MCTIC, o então MDIC criou um Grupo de Trabalho de Manufatura Avançada cuja primeira reunião ocorreu em 25 de novembro de 2015 com a presença de representantes dos seguintes órgãos e entidades: MCTI, MDIC, FINEP, SENAI, CNI, SEBRAE, ABDI, BNDES, ABIMAQ, ABIT, ANPEI, CERTI e CNPq e que culminou com a apresentação, em 29 de novembro de 2016, de um estudo intitulado “Perspectivas de especialistas brasileiros sobre oportunidades e desafios para a manufatura avançada no Brasil”, resultado da realização de sete *workshops* realizados em capitais brasileiras (Brasília, Belo Horizonte, Florianópolis, São Paulo, Salvador, Recife e Rio de Janeiro). Esse documento foi fundamental para que, em 25 de maio de 2017, o MDIC estabelecesse o Grupo de Trabalho da Indústria 4.0 – GTI 4.0 – Portaria nº 728-SEI/2017 –, que contava com mais de 50 entidades representativas e cujo objetivo era estabelecer uma política nacional para a I4.0. Trata-se do primeiro GT com a efetiva participação da Superintendência da Zona de Franca de Manaus – Suframa que, ao final, em março de 2018, apresentou a “Agenda Brasileira para a Indústria 4.0”, onde propõe 10 medidas “Da Indústria para o 4.0”, são elas (BRASIL, 2016a; BRASIL, 2018):

1. Divulgação dos Conceitos de Indústria 4.0;
2. Plataforma de Auto-Avaliação 4.0;
3. HUB 4.0;
4. Brasil Mais Produtivo 4.0;
5. Fábricas do Futuro e Test Beds;
6. Conexão Startup-Indústria 4.0;
7. Financiabilidade para uma Indústria 4.0;

8. Mercado de Trabalho e Educação 4.0;
9. Regras do Jogo 4.0; e
10. Comércio Internacional 4.0.

A Superintendência da Zona Franca de Manaus – Suframa foi convidada a fazer parte da composição do Grupo de Trabalho que produziu a Agenda Brasileira para a Indústria 4.0 porque, além de controlar os benefícios fiscais estabelecidos pelo Decreto-Lei nº 288/67, também é responsável pelo controle da Lei de Informática na Amazônia, estabelecida pela Lei nº 8.387, de 30 de dezembro de 1991, que obriga todas as empresas produtoras de bens de informática na Zona Franca a aplicarem, todos os anos, pelo menos 5% do seu faturamento bruto em atividades de pesquisa e desenvolvimento a serem realizados na Amazônia, tendo como base um projeto apresentado à autarquia. Desde então, a Suframa passou a ser uma das entidades públicas que fomentam a pesquisa, o desenvolvimento e a inovação no Brasil, mais especificamente, na Amazônia (BRASIL, 1967; BRASIL, 1991; JÚNIOR et al., 2021).

A participação da Suframa em atividades relacionadas, especificamente, à Indústria 4.0 inicia-se a partir da publicação da Portaria nº 728-SEI/2017, que estabelece o Grupo de Trabalho da Indústria 4.0 – GTI 4.0, cuja composição prevê um representante e um suplente da autarquia – Art. 2º, VIII. Trata-se da primeira iniciativa vinculada à Indústria 4.0 com a representação oficial da Superintendência da Zona Franca de Manaus. Este Grupo de Trabalho Interministerial da I4.0 finalizou com a apresentação, em março de 2018, da “Agenda Brasileira para a Indústria 4.0”, embora a própria Portaria nº 728/17 de criação estabelecesse que fosse apresentada uma proposta para a “Estratégia Nacional para a Indústria 4.0”. Ainda assim, observa-se que todas as normativas<sup>2</sup> da Zona Franca de Manaus ligadas à Indústria 4.0 só foram estabelecidas após a participação da entidade neste GTI 4.0 (MDIC, 2017).

A primeira iniciativa exclusivamente da Suframa ligada ao desenvolvimento da Indústria 4.0 na Zona Franca de Manaus ocorreu apenas dois meses após a apresentação da Agenda Brasileira para a Indústria 4.0 com a publicação, em 10 de maio de 2018, da Resolução nº 40 do Conselho de Administração da Suframa – CAS, que possibilitou e disciplinou a apresentação de projetos de investimentos em PD&I para a aplicação na I4.0 às empresas produtoras de bens de informática na região. Destaca-se, nessa resolução, a definição de

---

<sup>2</sup> Embora sem o uso do termo “Indústria 4.0 – I4.0”, a Resolução nº 12, de 14 de julho de 2016, do Comitê das Atividades de Pesquisa e Desenvolvimento na Amazônia – CAPDA, que estabelece os Programas Prioritários para investimentos em pesquisa e desenvolvimento, criou um Programa Prioritário de Economia Digital que envolvia termos ligados à I4.0, tais como internet das coisas, segurança cibernética, cidades inteligentes, *big data* e manufatura avançada. No entanto, essa Resolução foi revogada por outras que culminaram na Resolução nº 9, de 29 de outubro de 2019, a primeira a expressamente mencionar a I4.0.

Indústria 4.0 como “um conjunto de tecnologias que permitem a fusão do mundo físico, digital e biológico nos processos produtivos, etapas da cadeia de valor, distribuição, etc.” (Resolução nº 40 do CAS, 2018, Art. 2º - II), ainda que a mesma resolução trouxesse outros conceitos que hoje também são associados à manufatura avançada como internet das coisas, *big data*, impressão 3D, computação nas nuvens, entre outras (SUFRAMA, 2018; MDIC, 2017).

Em dezembro de 2018, a Suframa propõe ao MDIC e é aprovada a Portaria nº 2.091-SEI, de 17 de dezembro de 2018, que estabelece a metodologia a ser adotada nos investimentos em pesquisa, desenvolvimento e inovação voltados para a Indústria 4.0 na Zona Franca de Manaus, bem como cria o Selo da Indústria 4.0. Essa Portaria estabelece ainda uma definição acerca da Indústria 4.0 como sendo a integração de instalações de produção, cadeias de suprimentos e sistemas de serviços para permitir o estabelecimento de redes de valor agregado, envolvendo tecnologias como: análise de grandes volumes de dados (*big data*), robôs autônomos (adaptativos), sistemas ciber-físicos, simulação, integração horizontal e vertical, internet industrial, computação em nuvem, manufatura aditiva e realidade aumentada, e compreendendo sistemas distribuídos como: redes de sensores, sistemas em nuvem, robôs autônomos e manufatura aditiva conectados uns aos outros. Além disso, a Portaria determina que sejam identificados os estágios inicial e desejado para o projeto de Indústria 4.0, tendo como referência a Metodologia da ALCATEH (Academia Alemã de Ciência e Engenharia) de maturidade em Indústria 4.0 (MDIC, 2018).

Outra medida tomada, no âmbito da Suframa, voltada ao desenvolvimento da Indústria 4.0, foi o estabelecimento de um Programa Prioritário da Indústria 4.0 e Modernização Industrial – PPI4.0, instituído por meio da Resolução nº 9, de 29 de outubro de 2019, do Comitê das Atividades de Pesquisa e Desenvolvimento na Amazônia – CAPDA, cujo objetivo é desenvolver “um ecossistema voltado para a indústria 4.0 e a manufatura do futuro” (Resolução nº 9 do CAPDA, 2019, Art. 6º) abrangendo sistemas ciber-físicos; sistemas inteligentes e manufatura; automação de processos industriais; impressão 3D; robótica; fábricas inteligentes; inteligência artificial; ciber segurança; análise e tratamento de grandes volumes de dados (*big data*); realidade virtual e novas técnicas de manufatura enxuta e digitalização industrial. O PPI4.0 tem as suas ações alinhadas com o “Plano de Ação da Câmara da Indústria 4.0 do Brasil”, estabelecido em 2019 e, após chamamento público realizado pelo CAPDA, definiu-se a empresa CTIS Amazonas como a Coordenadora do Programa Prioritário da Indústria 4.0 e Modernização Industrial – PPI4.0 (CAPDA, 2019; JÚNIOR et al., 2021).



**Quadro 11** – Iniciativas Suframa e a Indústria 4.0

<b>Iniciativa</b>	<b>Ano</b>	<b>Descrição</b>
Portaria nº 728 – SEI	2017	Criou o Grupo de Trabalho da Indústria 4.0 – GTI 4.0 cuja composição previa um representante e um suplente da Suframa – Art. 2º, VIII. Trata-se da primeira iniciativa vinculada à Indústria 4.0 com a representação oficial da Superintendência da Zona Franca de Manaus. O GT finalizou com a apresentação, em março de 2018, da “Agenda Brasileira para a Indústria 4.0”, embora a própria Portaria estabelecesse que fosse apresentada uma proposta para a “Estratégia Nacional para a Indústria 4.0”.
Resolução nº 40 do Conselho de Administração da Suframa – CAS	2018	Disciplinou a apresentação de projetos de investimentos em PD&I para a aplicação na I4.0 às empresas produtoras de bens de informática na Amazônia.
Portaria nº 2.091 – SEI	2018	Estabeleceu a metodologia a ser adotada nos investimentos em pesquisa, desenvolvimento e inovação voltados para a Indústria 4.0 na Zona Franca de Manaus, bem como cria o Selo da Indústria 4.0.
Resolução nº 9 – CAPDA	2019	Criou o Programa Prioritário da Indústria 4.0 e Modernização Industrial – PPI4.0.

Fonte: Autor (2022).

Há, portanto, iniciativas no âmbito da Superintendência da Zona Franca de Manaus – SUFRAMA voltadas ao desenvolvimento e ao fomento da Indústria 4.0 na Amazônia e, desde 2018, há a possibilidade de investimentos na I4.0 por meio das obrigações impostas pela Lei de Informática para a região.

#### **4.2 Estágio de Desenvolvimento da Indústria 4.0**

As respostas colhidas que embasam os resultados desta pesquisa foram realizadas por pessoas que trabalham em cargos de gestão de empresas instaladas na Zona Franca de Manaus. Por esta razão, os respondentes representam um universo onde 100% das empresas estão regularmente cadastradas junto à entidade que concede e controla os incentivos fiscais, a Superintendência da Zona Franca de Manaus – SUFRAMA, e, além disso, todos usufruem dos benefícios tributários para a produção e industrialização no Polo Industrial de Manaus – PIM.

Os participantes da pesquisa totalizaram um universo amostral de dezoito (18) indivíduos, divididos por nove (9) subsetores ou segmentos industriais, conforme os critérios

estabelecidos na metodologia (investimento/faturamento/mão de obra), o que significa dizer que cada subsetor industrial representa 11,11% do total da amostra.

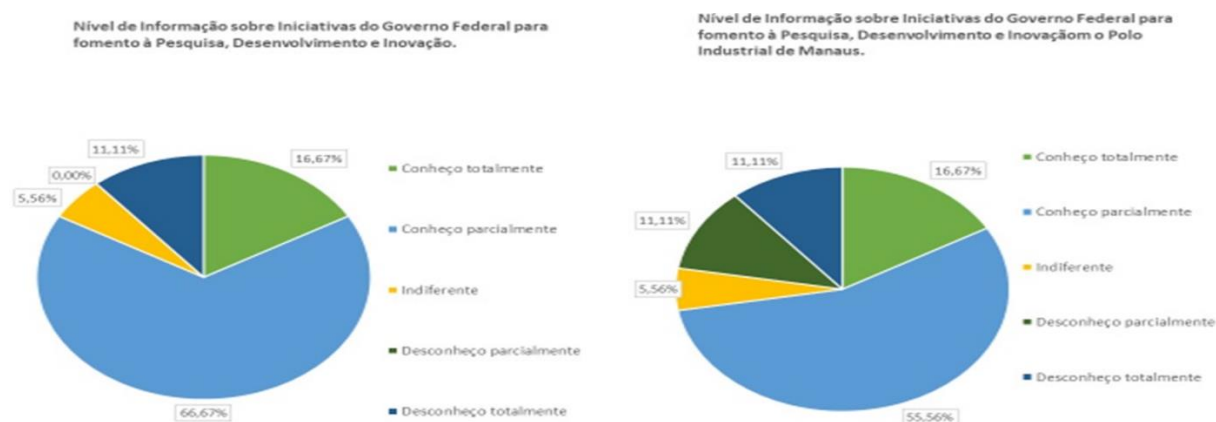
Os dezoito respondentes eram todos moradores de Manaus ligados às empresas do Polo Industrial de Manaus que compunham o universo amostral estabelecido de empresas ligadas aos subsetores que mais investem, têm maior faturamento e mão de obra e todos os indivíduos eram ocupantes de cargos de nível gerencial em suas respectivas empresas.

A pesquisa buscou compreender qual era o nível de conhecimento acerca das políticas públicas voltadas ao desenvolvimento da pesquisa, desenvolvimento e inovação no Brasil e na Zona Franca de Manaus, a fim de identificar se essas políticas públicas estavam servindo de base para o desenvolvimento da Indústria 4.0 no Polo Industrial de Manaus. O resultado demonstra que 83,34% dos respondentes conhecem, total ou parcialmente, as iniciativas e projetos nacionais e 72,23% conhecem, total ou parcialmente, as iniciativas e projetos na Zona Franca de Manaus (Gráfico 1).

Por outro lado, ainda analisando o nível de conhecimento dos entrevistados acerca das iniciativas, dos planos ou das políticas públicas para o desenvolvimento da pesquisa, desenvolvimento e inovação no Brasil e no Polo Industrial de Manaus, encontra-se que 11,11% desconhecem totalmente qualquer iniciativa no nível nacional e 22,22% desconhecem, total ou parcialmente, qualquer iniciativa no âmbito do Polo Industrial de Manaus – PIM (Gráfico 1).

Dessa forma, observa-se que há mais familiaridade com as políticas e iniciativas no âmbito nacional voltadas ao desenvolvimento do PD&I do que acerca das iniciativas locais, ou seja, as políticas da Zona Franca de Manaus voltadas ao desenvolvimento do tema.

**Gráfico 1 – Nível de Conhecimento sobre as Políticas de PD&I no Brasil e no PIM**

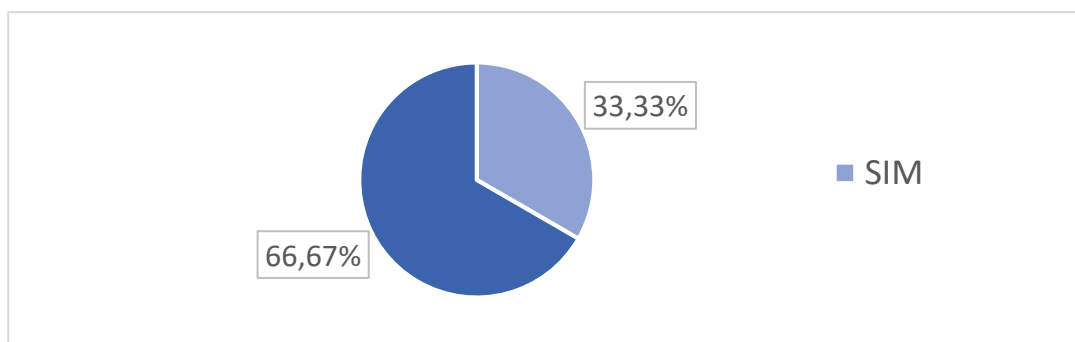


Fonte: Dados da pesquisa (2022).

O resultado demonstra que há informação relevante propagada entre a maioria dos segmentos industriais sobre as políticas públicas voltadas ao desenvolvimento de PD&I tanto à nível das políticas nacionais quanto àquelas voltadas, exclusivamente, ao Polo Industrial de Manaus – PIM, ainda que com um percentual de desconhecimento considerável entre a indústria instalada na ZFM. Entende-se, nesse caso, que o primeiro passo para a utilização de determinada política pública é a informação, condição sem a qual a empresa não poderá iniciar ações voltadas ao desenvolvimento de PD&I.

Sobre as iniciativas ou atividades que as empresas desempenham atualmente na área de PD&I, houve uma inversão em relação ao nível de conhecimento das políticas públicas, uma vez que 67,66% responderam que não há projetos voltados à pesquisa, desenvolvimento e inovação em seus segmentos industriais, conforme apresentado no Gráfico 2.

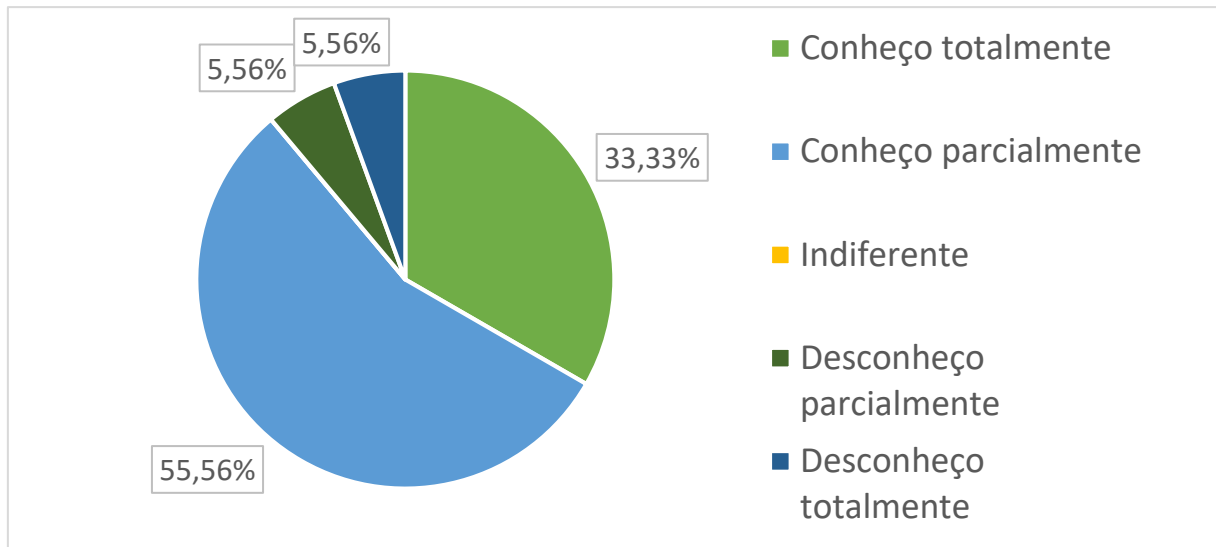
**Gráfico 2** – Empresas com iniciativas ou projetos voltados à PD&I no PIM



Fonte: Dados da pesquisa (2022).

A partir dos dados expostos no Gráfico 2, evidencia-se o primeiro *gap* ou lacuna considerando que, embora o nível de informação sobre as políticas de desenvolvimento do PD&I em nível nacional e local estejam bem disseminados entre os segmentos industriais do Polo Industrial de Manaus, não há projetos ou iniciativas voltadas ao PD&I sendo executados na maior parte das indústrias instaladas.

Quanto ao nível de conhecimento acerca do termo Indústria 4.0 ou Manufatura avançada, 11,12% dos respondentes informam que desconhecem total ou parcialmente os termos, enquanto 89,89% conhecem total ou parcialmente os termos Indústria 4.0 ou Manufatura Avançada (Gráfico 3).

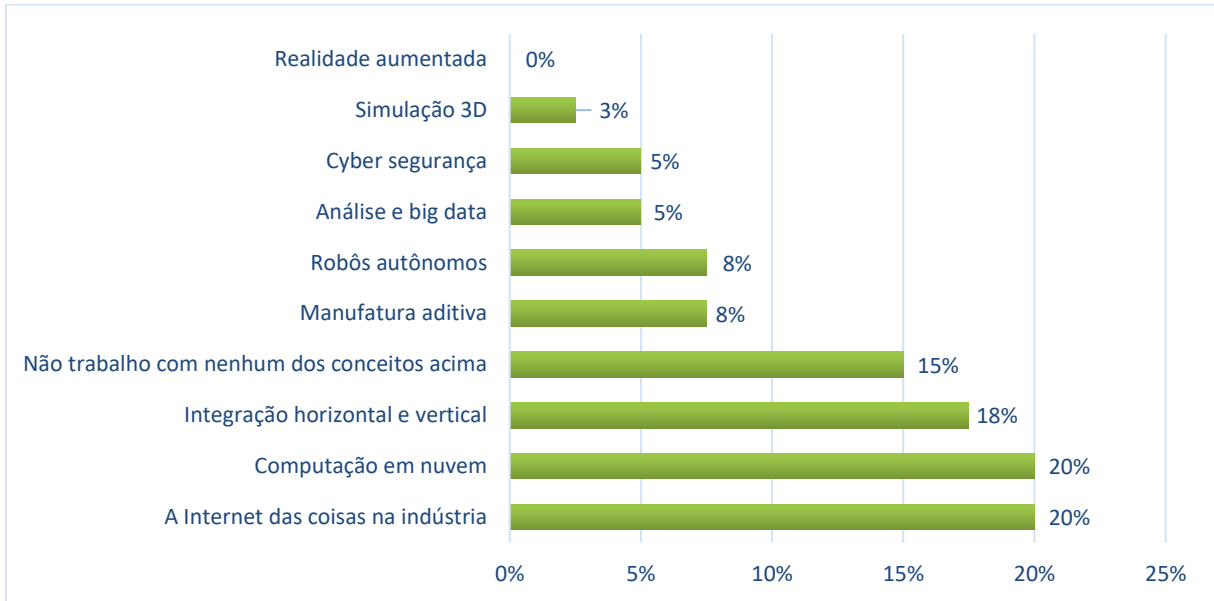
**Gráfico 3** – Nível de Informação sobre o Termo Indústria 4.0

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

Em relação aos pilares ligados à Indústria 4.0 com que os respondentes já lidavam em suas rotinas diárias de trabalho, pôde-se identificar que a internet das coisas, a computação em nuvem e integração horizontal e vertical são as tecnologias habilitadoras ligadas à I4.0 mais difundidas entre os segmentos industriais do PIM, enquanto nenhum informou lidar no dia a dia com a realidade aumentada (Gráfico 4).

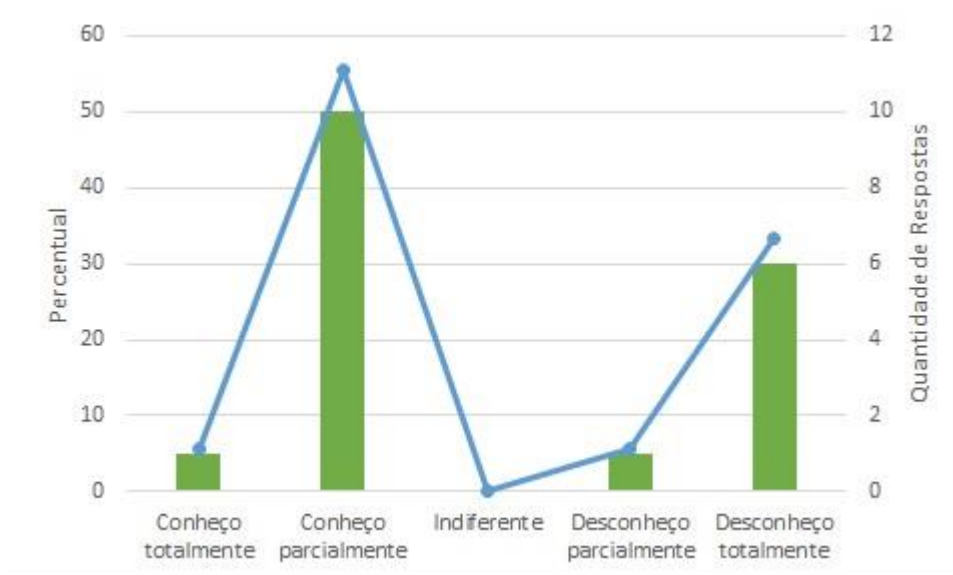
Além disso, um terço dos entrevistados informou que não lida, em seu trabalho, com nenhum dos pilares ligados à Indústria 4.0, o que representa uma quantidade amostral considerável ante o fato de quase a totalidade estar familiarizada com o conceito de Manufatura Avançada (Gráfico 4).

Identifica-se, portanto, a segunda lacuna ou *gap* do estudo dado que, a despeito da grande difusão dos termos Indústria 4.0 e Manufatura Avançada entre os entrevistados, 33% deles não lidam em suas atividades laborais na indústria do Polo Industrial de Manaus com sequer uma das tecnologias habilitadoras relacionados à I4.0, o que pode ser relacionado com o fato de 66,67% dos segmentos entrevistados não terem iniciativas ligadas ao desenvolvimento de PD&I.

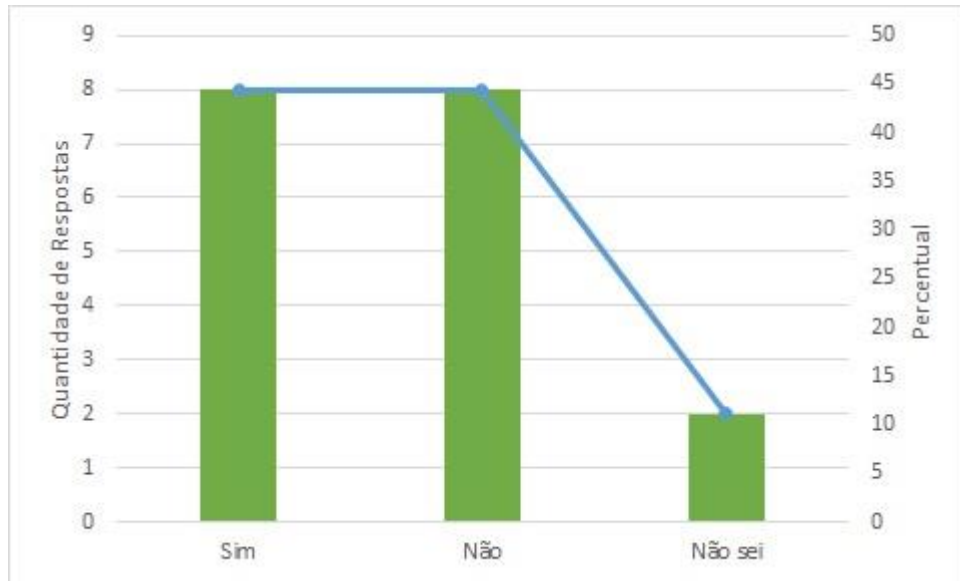
**Gráfico 4** – Tecnologias Habilitadoras da I4.0 mais utilizados no PIM

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

No que se refere ao nível de informação sobre iniciativas de fomento à Indústria 4.0 no Polo Industrial de Manaus, 61,10% conhecem parcial ou totalmente, enquanto 38,88% desconhecem parcial ou totalmente qualquer iniciativa voltada ao fomento da Manufatura Avançada no PIM (Gráfico 5).

**Gráfico 5** – Nível de Conhecimento de iniciativas I4.0 no PIM

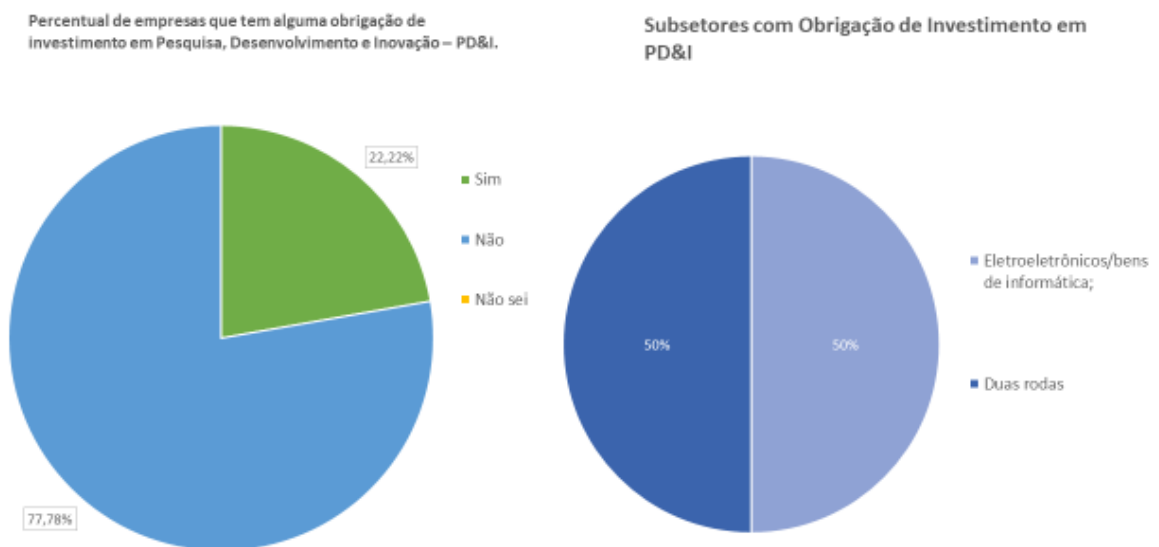
Fonte: Dados da pesquisa (2022).

**Gráfico 6 – Empresas com Iniciativa de I4.0 no PIM**

Fonte: Dados da pesquisa (2022).

As indústrias que, de fato, possuem iniciativas ou projetos voltados à I4.0 representam 44,44% da amostra da pesquisa, enquanto 55,55% não possuem ou não souberam dizer se as empresas possuem projetos nessa área (Gráfico 6).

Considerando a obrigatoriedade do investimento em PD&I estabelecido pela Lei de Informática da Zona Franca de Manaus, buscou-se avaliar, dentro dos segmentos da indústria elencados na amostra, o percentual de empresas que mantinham investimento em virtude da lei (Gráfico 7).

**Gráfico 7 – Segmentos com Investimento Obrigatório em PD&I**

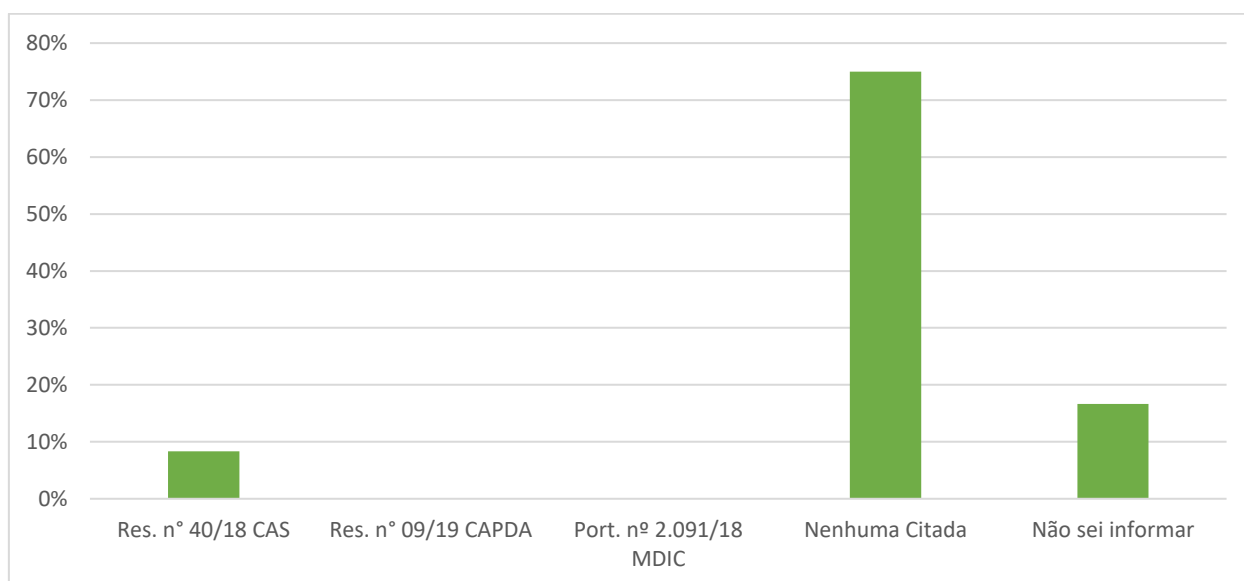
Fonte: Dados da pesquisa (2022).

Observa-se que parte considerável dos segmentos industriais instalados na Zona Franca de Manaus não têm a obrigatoriedade de investimentos em PD&I e que exatamente os segmentos cujos produtos a legislação obriga o investimento e que participaram do estudo – eletroeletrônicos/bens e informática e duas rodas – mantém investimentos relacionados ao desenvolvimento da pesquisa e da inovação no Polo Industrial de Manaus (Gráfico 7).

Daí, destaca-se um relevante *gap* ou lacuna, qual seja, o investimento em PD&I não ocorre de forma uniforme em todos os segmentos industriais do PIM em virtude de que, aqueles segmentos cuja legislação não os obriga, acabam não investindo em projetos ou em iniciativas ligadas à pesquisa, ao desenvolvimento e à inovação na região.

Entre aqueles segmentos que têm obrigatoriedade do investimento em PD&I, 69,23% não investem em projetos voltados à I4.0 ou não sabiam informar se tinham investimentos em manufatura avançada. Por outro lado, 30,77% investem em iniciativas vinculadas à Indústria 4.0. No que concerne à relação entre as normas e as legislações da Zona Franca de Manaus voltadas ao desenvolvimento da I4.0 e os investimentos supracitados, verifica-se no Gráfico 8:

**Gráfico 8** – Relação entre as normas e os investimentos em I4.0 no PIM



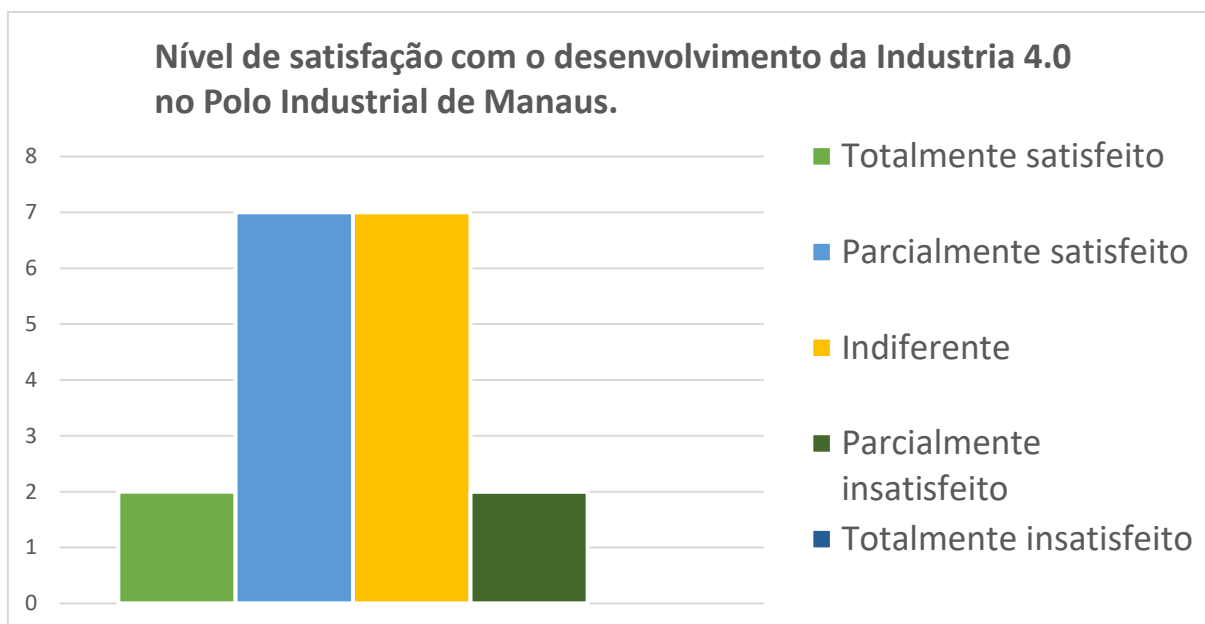
Fonte: Dados da pesquisa (2022).

Ainda que as opções estivessem detalhadas, 70% dos segmentos industriais analisados e que investem em projetos ou iniciativas ligadas à I4.0 no PIM não utilizam, em geral, as normativas vigentes, enquanto 8,33333% investem tendo por base a Resolução n° 40 de 2018 do Conselho de Administração da SUFRAMA (Gráfico 8).

Assim, observa-se que a Lei de Informática, não obstante crie a obrigatoriedade do investimento em PD&I na região, uma parcela ainda pouco significativa dos entrevistados representantes da indústria do PIM com obrigação destina seus investimentos à Indústria 4.0, o que pode ser observado como uma lacuna. O mesmo *gap* pode ser observado no conjunto normativo criado no âmbito da Zona Franca de Manaus voltado ao desenvolvimento da manufatura avançada que, embora exista, não é a condição mais importante para os investimentos em I4.0 no Polo Industrial de Manaus.

Analisou-se, ainda, a percepção dos principais segmentos industriais do PIM quanto ao desenvolvimento das iniciativas e projetos voltados ao desenvolvimento da I4.0 na região, a fim de identificar o impacto das políticas públicas atuais. Destacou-se tanto a indiferença ou neutralidade quanto o nível de “parcialmente satisfeitos” que, juntos, representaram 77,77% da amostra, enquanto não houve manifestação de “totalmente insatisfeitos” com o desenvolvimento da I4.0 no PIM (Gráfico 9).

**Gráfico 9** – Nível de satisfação quanto ao desenvolvimento da I4.0 no PIM



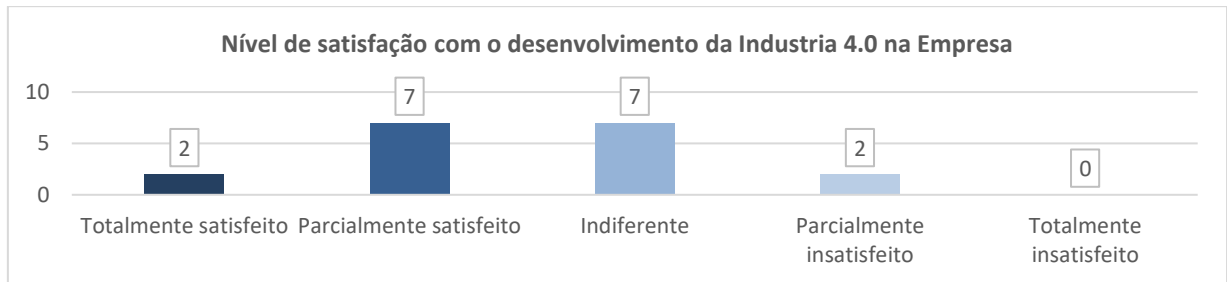
Fonte: Dados da pesquisa (2022).

Em relação ao nível de satisfação quanto ao desenvolvimento de iniciativas ou projetos da I4.0 nas indústrias em que atuam, a resposta foi exatamente a mesma para a questão relacionada ao nível de satisfação quanto ao desenvolvimento da Indústria 4.0 no Polo Industrial de Manaus. Ou seja, o grau de satisfação quanto ao desenvolvimento da I4.0 é o exatamente o mesmo tanto do PIM quanto dos segmentos industriais analisados, o que também evidencia a “indiferença” com essa questão (Gráfico 9).



A política pública para o desenvolvimento da I4.0 no Polo Industrial de Manaus também foi avaliada pelos dezoito (18) respondentes considerando uma escala de 1 a 5, onde 1 representava que “não estava bem” e 5 que “estava muito bem” (Gráfico 10).

**Gráfico 10 – Satisfação com Política de I4.0 no PIM**

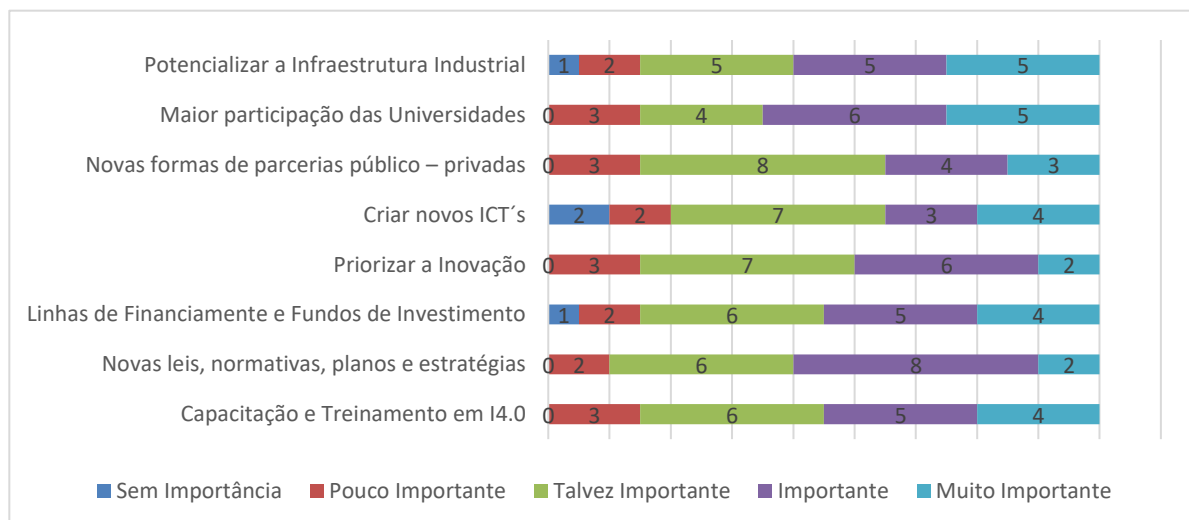


Fonte: Dados da pesquisa (2022).

A partir da observação do Gráfico 10, é possível identificar que a percepção dos segmentos industriais acerca da política pública voltada ao desenvolvimento da I4.0 no PIM tende a ser negativa, o que pode nos evidenciar um *gap* (lacuna) entre as normativas atualmente vigentes e o desenvolvimento de fato de projetos da manufatura avançada na ZFM.

O estudo procurou compreender, por meio da *survey*, que ações podem potencializar o desenvolvimento da Indústria 4.0 no Polo Industrial de Manaus. Nesse sentido, a pesquisa demonstra três direcionadores cuja aplicação representaria impactos mais efetivos: (1) maior participação das universidades; (2) potencialização da infraestrutura industrial; e (3) novas leis, normas e estratégias voltadas ao desenvolvimento da I4.0 no PIM. A iniciativa cujos impactos são avaliados com os piores resultados é a criação de novas instituições de ciência e tecnologia – ICT’s (Gráfico 11).

**Gráfico 11 – Iniciativas para potencializar a I4.0 no PIM**

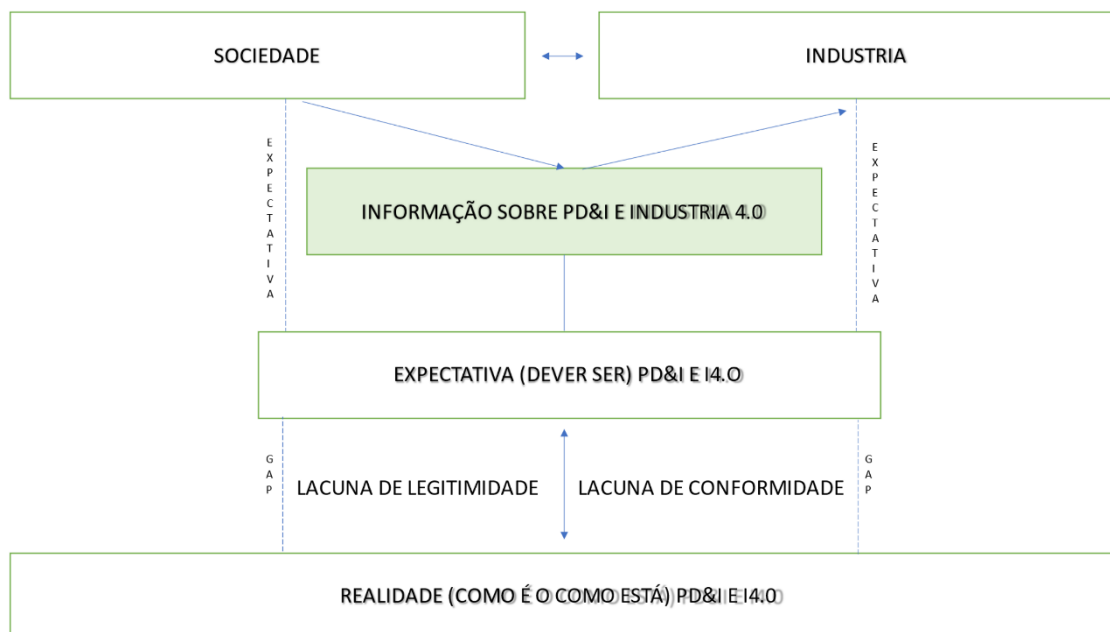


Fonte: Dados da pesquisa (2022).

Este resultado, ao mesmo tempo em que indica possibilidades para que as políticas públicas para o fomento da I4.0 no PIM sejam mais efetivas, aponta lacunas nas políticas públicas voltadas ao desenvolvimento da Indústria 4.0 no Polo Industrial de Manaus, uma vez que evidencia a distância entre as universidades e os segmentos industriais mais relevantes no PIM, a ineficiências das atuais normas, legislações e estratégias para a I4.0 na Zona Franca de Manaus e a necessidade de investimentos na infraestrutura industrial a fim de adequá-las às inovações tecnológicas que a manufatura avançada traz ao processo produtivo.

Dessa forma, partindo-se à análise das lacunas identificadas neste estudo, temos: o *gap* entre ter o conhecimento acerca da política pública ou do conceito e a sua efetiva execução nas operações industriais, demonstrando que, apesar dos segmentos do Polo Industrial de Manaus conhecerem a política de PD&I, terem informação sobre o desenvolvimento do conceito da Indústria 4.0, a maioria não tem ações em execução ligadas à PD&I e a I4.0. Ou seja, esperava-se que a informação fosse uma condição para o desenvolvimento de ações nessas áreas; no entanto, o estudo encontrou um *gap* de conformidade entre a expectativa (dever ser) e a realidade (o que é ou o que está) no desenvolvimento de iniciativas e projetos de PD&I e da I4.0 no PIM (Figura 2).

**Figura 2** – *Gap* entre Informação, Expectativa e Realidade de PD&I e I4.0 no PIM



Fonte: Autor (2022).

Ao observar uma lacuna que pretender ocupar, a sociedade estabelece uma forma ou uma ação com a qual julga ser possível tornar realidade a expectativa criada ao definir a ação. Dessa forma, o Governo Federal do Brasil e a Zona Franca de Manaus estabeleceram uma série de normativas e projetos com os quais pretendiam modificar a realidade do desenvolvimento da manufatura avançada no Polo Industrial de Manaus. Ainda que as informações tenham chegado até os principais segmentos industriais instalados, pouca efetividade nas ações para o fomento à I4.0 ocorreram no PIM. Isso demonstra um *gap* ou uma lacuna de conformidade, sob a ótica de percepção da indústria, entre o que está à disposição dos segmentos industriais de Manaus e o que está efetivamente acontecendo para a transformação da realidade do PD&I e da I4.0 no PIM (Figura 2).

Destaca-se que a pesquisa evidenciou tanto a lacuna relacionada entre “ter acesso à informação” e a I4.0 quanto entre “ter normas/legislações/projetos” e o desenvolvimento da manufatura avançada no PIM. Ou seja, a expectativa criada pela sociedade quanto ao desenvolvimento da I4.0 no PIM não foi atendida nem pelas informações divulgadas para a Indústria, nem pelos normativos e estratégias criados no âmbito do Brasil e da Zona Franca de Manaus.

Observa-se isso ao constatar que, entre a amostra da pesquisa, apenas 22,22% (Gráfico 7) tinham obrigatoriedade de investimento em PD&I e, destes, apenas 30,77% aplicam em projetos ou iniciativas ligadas à I4.0. A lacuna fica ainda mais clara quando observados dois fatos: de que há empresas, mesmo sem obrigatoriedade imposta pela Lei de Informática, investindo em I4.0 uma vez que 44,4% dos respondentes afirmaram ter iniciativas de fomento à I4.0 em seus segmentos industriais. Além disso, entre os que são obrigado a aplicar e tem projetos relacionados à I4.0, 75% afirmam não utilizar nenhum dos dispositivos normativos citados na pesquisa. Em outras palavras, os números comprovam o que a análise de *gap* destacou.

Neste ponto, convém destacar a lacuna existente entre a expectativa criada pela sociedade ao estabelecer as normativas da ZFM para o desenvolvimento da I4.0 no PIM e a realidade atual dos projetos ligados à manufatura avançada na região, onde os que têm obrigatoriedade de investimento são minoria 22,22% e, destes, 69,23% não aplicam em qualquer ação ou projeto ligado à I4.0 (Gráfico 7).

Outro *gap* já destacado está relacionado à percepção dos segmentos industriais cujo grau de “indiferença” com o desenvolvimento da I4.0 no PIM e em seus próprios segmentos industriais, demonstrados nos Gráficos 9 e 10, é bem elevado e tendem a uma percepção negativa quanto ao desenvolvimento de iniciativas e projetos relacionados à manufatura

avançada. Tal fato pode estar relacionado à ausência de algumas condições que antecedem o desenvolvimento da I4.0 no PIM e que podem representar importantes direcionadores que modificariam a percepção e, por conseguinte o *gap* existente entre aquilo que se espera e o que é a I4.0 na ZFM. Trata-se da necessidade de aproximação entre as universidades e as indústrias, a necessidade de reformação ou atualização das atuais normativas e estratégias do Governo para o desenvolvimento da manufatura avançada e a construção da infraestrutura industrial necessária à execução dos projetos de I4.0 nos principais segmentos industriais de Manaus.

**Quadro 12** – Lacunas (gaps) identificados (I4.0 e PIM)

<b>Lacuna Identificada</b>	<b>Descrição da Lacuna Identificada</b>
Normativa	Embora existam normas, regulamentos, decretos e outros instrumentos de fomento à I4.0, eles foram ineficazes para o desenvolvimento/fomento efetivo da I4.0 no PIM.
Efetividade	A despeito da divulgação das normas para o desenvolvimento da I4.0 na ZFM, há poucas iniciativas com base nelas no PIM.
Investimentos	A norma voltada à I4.0 é aplicada exclusivamente nas empresas produtoras de bens de informática, causando uma assimetria de investimentos em relação aos demais segmentos industriais instalados no PIM.
Infraestrutura	Uma parte das tecnologias habilitadoras da I4.0 não é utilizada na ZFM causando uma deficiência na infraestrutura industrial local

Fonte: Autor (2022).

## 5 CONCLUSÕES

Ao desenvolver esta pesquisa, cujo objetivo geral foi identificar os direcionadores para o desenvolvimento da Indústria 4.0 no Polo Industrial de Manaus, foi possível ter uma compreensão mais ampla acerca da Quarta Revolução Industrial, das políticas públicas de desenvolvimento industrial e da inovação no mundo e no Brasil e do projeto de desenvolvimento industrial Zona Franca de Manaus e seu PIM, o que nos permite fazer algumas conclusões importantes e relevantes observações quanto ao objeto estudado.

A 4ª Revolução Industrial é um processo em curso e o Brasil demorou a tomar decisões e estabelecer programas de desenvolvimento da I4.0 com abrangência nacional, criando os primeiros alicerces normativos apenas em 2016, a partir do estabelecimento da Estratégia Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação (Encti) – 2016/2022, que se demonstrou ineficiente na promoção de uma política industrial voltada ao desenvolvimento da manufatura avançada no PIM, uma vez que chegamos a 2022 sem grandes avanços.

Além do atraso para que as primeiras decisões fossem tomadas, houve dificuldade por parte do Governo Federal do Brasil em estabelecer uma liderança única que coordene nacionalmente as ações voltadas ao processo de modernização da política industrial e o desenvolvimento da manufatura avançada no país, tendo várias organizações e ministérios publicado ou estabelecido distintas iniciativas ao longo dos últimos anos, que nem sempre são tratadas em conjunto, tais como as políticas ora lideradas pela MCTI, ora lideradas pelo MDIC – atual ME –, ora lideradas por entidades da sociedade civil organizada. Por isso, é mister estabelecer e organizar uma governança que seja responsável pela política nacional de desenvolvimento da Indústria 4.0.

Essa dificuldade em definir uma governança que centralize as iniciativas e políticas públicas voltadas ao desenvolvimento da Indústria 4.0 fez com que a Superintendência da Zona Franca de Manaus – SUFRAMA participasse, apenas em 2017, da primeira reunião em que o tema foi tratado: o Grupo de Trabalho da Indústria 4.0 – GTI 4.0. Por essa razão, somente em 2018 foi publicada a primeira iniciativa na Zona Franca de Manaus voltada à Indústria 4.0, a Resolução nº 40 do Conselho de Administração da SUFRAMA, cuja efetividade não foi satisfatória conforme os resultados demonstrados no estudo.

Entre os principais diagnósticos da pesquisa, após o mapeamento das lacunas, está a constatação de que a criação de normas e de estratégias, por si só, não garantem o desenvolvimento da I4.0 e nem atendem à necessidade de modernização industrial. A amostra desta pesquisa demonstrou que os respondentes conhecem as normas e legislações concernentes

ao desenvolvimento da PD&I e da I4.0, mas têm poucas iniciativas em execução. Esta é uma evidência da lacuna de capacitação de recursos humanos relacionada à manufatura avançada, condição sem a qual não serão formados os ecossistemas de inovação e de produção tão necessários ao desenvolvimento da I4.0. Além disso, a legislação estabelece a obrigação de investimentos em PD&I a apenas uma parte dos segmentos industriais – os produtores de bens de informática –, tornando parte considerável da indústria nacional obsoleta, tal como pode ser observado nos resultados do estudo, onde apenas 22% dos segmentos analisados do PIM aplicam recursos no desenvolvimento da pesquisa e da inovação.

O Brasil não desenvolveu uma política pública de inovação industrial disruptiva que estabeleça os novos alicerces normativos, tais como novas leis, métodos, protocolos, regras, planos ou estratégias, que sirvam de base ao desenvolvimento de um novo paradigma tecnológico, produtivo e de inovação; nem investiu para o estabelecimento de uma nova infraestrutura industrial cuja base seja a indústria digital, a fim de modernizar os setores produtivos nacionais e torná-los competitivos ante o avanço das indústrias nas nações mais desenvolvidas. Permanecemos com os mesmos gargalos de infraestrutura e sem uma política nacional de desenvolvimento industrial e de inovação efetiva que sirva de base para as transformações digitais necessárias na cadeia de inovação industrial brasileira; esses são os principais direcionadores que permitirão o desenvolvimento de uma Indústria 4.0 autóctone com soluções normativas criativas e investimento da infraestrutura industrial.

O estabelecimento e o fortalecimento da Indústria 4.0 também exige um novo ambiente de negócios com novas formas de desenvolvimento de parcerias e de trabalho. Para isso, além de uma política pública voltada ao desenvolvimento industrial e da inovação, é preciso estabelecer normas e legislações específicas que atendam aos novos desenhos de trabalho, a fim de promover e destravar a relação entre empresa, universidade e indústria, além de facilitar o desenvolvimento de empresas de base tecnológicas – *startups* –, fundamentais no estabelecimento de um ecossistema de inovação e de produção compatíveis com as exigências da Indústria 4.0.

Quanto à política de desenvolvimento Zona Franca de Manaus, onde está localizado o Polo Industrial de Manaus, objeto de estudo desta pesquisa, é necessário que o Governo Federal do Brasil reestabeleça os objetivos estratégicos do projeto que fora regulamentado em 1967, como uma iniciativa de substituição de importações e o modernize, tornando-a uma Zona Franca do século XXI, cujo objetivo seja criar um centro industrial de inovação em consonância com o que os demais países estudados estão fazendo, estabelecendo a inovação como prioridade para o desenvolvimento da Amazônia. Essa redefinição faria com que o perfil dos investimentos

mudasse e empresas globais de base tecnológica e investidores internacionais investissem no desenvolvimento, na pesquisa e na inovação na ZFM, destacando-se ainda, nesse sentido, a localização da cidade de Manaus, no centro da Amazônia. A preocupação ambiental e com a sustentabilidade socioeconômica está bem definida nos Planos Nacionais de Desenvolvimento da Indústria 4.0 da China, dos EUA e da Alemanha e precisará estar na política brasileira para que sirva de direcionador do investimento estrangeiro direto na região, valorizando as potencialidades da bioeconomia e, por conseguinte, da bioindústria da região.

Dessa forma, a Zona Especial de desenvolvimento Zona Franca de Manaus pode se tornar um polo de inovação industrial voltado à Indústria 4.0 cuja base é a bioeconomia local, desenvolvida por meio da aplicação de investimentos em pesquisa e inovação. Além dos serviços que podem ser desenvolvidos na ZFM por meio das iniciativas de I4.0 e que podem estar ligados à serviços eco ambientais voltados à sustentabilidade e à preocupação com o ambiente, capacitando a região a ser uma referência nessa área.

Para que isso ocorra, assim como aconteceu nos países analisados neste trabalho, o Estado Brasileiro precisa interferir diretamente, estabelecendo os direcionadores aqui propostos, reestabelecendo prioridades para o desenvolvimento da Amazônia, capacitando técnica e cientificamente a região, criando um ambiente de negócios inovador e disruptivo. Assim como em 1967 a Zona Franca de Manaus foi inovadora, a Quarta Revolução Industrial está em curso, e o Brasil pode tornar o Polo Industrial de Manaus uma referência para a bioindústria global, desenvolvendo e produzindo localmente produtos e serviços com alto valor agregado e com grande preocupação ambiental.

Considerando os resultados e as proposições apresentados neste estudo, espera-se que, no futuro, o Polo Industrial de Manaus possa ultrapassar os principais desafios hoje existentes e se tornar uma referência no desenvolvimento da Indústria 4.0 no Brasil e no mundo, por meio do estabelecimento de direcionadores identificados na pesquisa e a superação das lacunas, que aproximem a indústria das universidades e das empresas de base tecnológica por meio da capacitação, que criem um arcabouço burocrático disruptivo e efetivo para o desenvolvimento da manufatura avançada e que estabeleça a infraestrutura de logística, de transporte e de telecomunicações necessária à incorporação das tecnologias mais avançadas e, com isso, instituindo os principais direcionadores ao desenvolvimento de uma Indústria 4.0 efetivamente brasileira.

Por tudo isso, entende-se que o estudo conclui o seu objetivo principal de apresentar e estudar os direcionadores para o desenvolvimento da Indústria 4.0 nas indústrias do Polo Industrial de Manaus. Para isso, o estudo apresentou as atuais políticas públicas relacionadas

ao desenvolvimento industrial, tanto do Brasil e da Zona Franca de Manaus, quanto as políticas da Alemanha, dos EUA e da China, a fim de oferecer um arcabouço técnico para reflexão e estudo da temática ligada à manufatura avançada. Além do levantamento, o estudo realizou um mapeamento quanto a situação do atual estágio de desenvolvimento da I4.0 no PIM, essencial para o entendimento da problemática do estudo, assim como para a apresentação das proposições da pesquisa para a adoção de políticas públicas rumo ao desenvolvimento da Indústria 4.0 no PIM.

O estudo limitou-se à indústria instalada no Polo Industrial de Manaus uma vez que analisa os direcionadores para o desenvolvimento da I4.0 entre as indústrias que recebem os incentivos fiscais para a região, bem como, limita-se à amostra escolhida que compreende uma parte da indústria instalada no Polo Industrial de Manaus e, por esta razão, o estudo não pode ser extrapolado para todo o PIM. É recomendável estudar os direcionadores em outros segmentos indústria do PIM e centros industriais do país e que não recebam os mesmos incentivos tributários, utilizando-se a mesma metodologia, a fim de identificar as diferenças existentes entre a indústria nacional e o Polo Industrial de Manaus e, assim, identificar direcionadores que impulsionem toda a cadeia de inovação industrial do país.



## **6 CONTRIBUIÇÕES**

A análise e identificação dos direcionadores para o desenvolvimento da Indústria 4.0 nas indústrias do Polo Industrial de Manaus, por meio do levantamento das atuais políticas públicas de fomento à manufatura avançada, bem como o diagnóstico quanto a situação do atual estágio de desenvolvimento da I4.0 no PIM, gera contribuições acadêmicas, sociais e econômicas.

### **6.1 Contribuições Acadêmicas**

Os resultados apresentados destacando os direcionadores para o desenvolvimento da Indústria 4.0 na Zona Franca de Manaus representam uma contribuição acadêmica tanto aos pesquisadores da Indústria 4.0 quanto aos estudiosos da Zona Franca de Manaus, considerando a escassez de material científico disponível sobre o tema ligado ao Polo Industrial de Manaus.

### **6.2 Contribuições Sociais**

Enquanto contribuição social, o estudo apresenta uma proposta à classe política e aos gestores públicos de como estabelecer os direcionadores que poderão impulsionar o desenvolvimento da Indústria 4.0 na Zona Franca de Manaus, tornando público os resultados da pesquisa.

Outro aspecto social relevante é que os gestores públicos, tendo acesso aos resultados, poderão envidar esforços no sentido de aperfeiçoar procedimentos, criando, na própria SUFRAMA, um ambiente de trabalho onde as pessoas possam produzir melhor e, com isso, obter um ganho social na utilização da gestão de pessoas de forma mais efetiva.

### **6.3 Contribuições Econômicas**

A contribuição econômica desta pesquisa está no campo da gestão de zonas econômicas especiais no Brasil – mais especificamente, na Zona Franca de Manaus –, apresentando à sociedade uma alternativa que estabelece os direcionadores para uma economia da inovação tecnológica por meio da modernização da política industrial.

Além disso, no campo econômico, a pesquisa oferece uma reflexão acerca do futuro do projeto de desenvolvimento Zona Franca de Manaus quando identifica a necessidade de capacitação de pessoas e a construção da infraestrutura industrial que permita o desenvolvimento da uma Indústria 4.0 voltada às questões da bioeconomia e da sustentabilidade econômica.

## REFERÊNCIAS

ADEDOYIN, Festus Fatai et al. The effects of air transportation, energy, ICT and FDI on economic growth in the industry 4.0 era: Evidence from the United States. *Technological Forecasting and Social Change*, v. 160, p. 120297, 2020.

AIGINGER, Karl; RODRIK, Dani. Rebirth of industrial policy and an agenda for the twenty-first century. *Journal of Industry, Competition and Trade*, v. 20, n. 2, p. 189-207, 2020.

ALVES, Luiz Henrique Dias. Utilização do método de Taguchi na modelagem e otimização de vazios relacionados à solidificação em processo de fundição de aço ABNT 1030. 2009. 147 f. Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2009. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/106431>>.

AKINCI, Gokhan; CRITTLE, James. *Special economic zone: performance, lessons learned, and implication for zone development*. The World Bank, 2008.

AMORIM, Viviam Cicarini de Souza. *Estatística descritiva: breve histórico, conceitos e exemplos aplicáveis no ensino médio*. Dissertação (Mestrado em Matemática) – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. Campo Grande. 2014. Disponível em: <<https://repositorio.ufms.br/handle/123456789/2146>>.

AMORIM, José Campos et al. Análise comparativa do regime fiscal das Zonas Francas na Europa. *e3-Revista de Economia, Empresas e Empreendedores na CPLP*, v. 7, n. 2, p. 31-55, 2021.

ANDRADE, Maria Margarida de. Introdução à metodologia do trabalho científico: elaboração de trabalhos na graduação. 10. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

ANDREONI, Antonio; CHANG, Ha-Joon. The political economy of industrial policy: Structural interdependencies, policy alignment and conflict management. *Structural Change and Economic Dynamics*, v. 48, p. 136-150, 2019.

APPOLINÁRIO, Fábio. *Metodologia da ciência: filosofia e prática da pesquisa*. São Paulo: Thomson, 2006.

ARACATY, Michele Lins et al. Teorias do desenvolvimento regional: o modelo Zona Franca de Manaus e a 4ª Revolução Industrial/Theories of regional development: the Manaus free zone model and the 4th industrial revolution. *Informe GEPEC*, v. 25, n. 2, p. 107-124, 2020.

ARAÚJO, Emanuelle Silva. Desenvolvimento urbano local: o caso da Zona Franca de Manaus. *Revista Brasileira de Gestão Urbana*, v. 1, n. 1, p. 33-42, 2017.

ARBIX, Glauco et al. O Brasil e a nova onda de manufatura avançada: o que aprender com Alemanha, China e Estados Unidos. *Novos estudos CEBRAP*, v. 36, p. 29-49, 2017.

ARBIX, Glauco et al. Made in China 2025 e Industrie 4.0: a difícil transição chinesa do catching up à economia puxada pela inovação. *Tempo Social*, v. 30, p. 143-170, 2018.

AZEVEDO, Pollyane Emanuelle Oliveira de; JUNIOR, Edisio Alves de Aguiar. Análise de possíveis impactos da indústria 4.0 na sustentabilidade ambiental. *Revista Tecnológica da Universidade Santa Úrsula*, v. 5, n. 1, p. 11-29, 2022.

AZFA. *Book Estadístico de las Zonas Francas 2020*. Disponível em: <[https://www.media.asociacionzonasfrancas.org/media/publications/files/Book\\_Estad%C3%ADstico\\_ok\\_BlilEpR.pdf](https://www.media.asociacionzonasfrancas.org/media/publications/files/Book_Estad%C3%ADstico_ok_BlilEpR.pdf)>. Acesso em: 13 jun. 2021.

\_\_\_\_\_. *Mapa Zonas Francas 2019*. Disponível em: <<https://www.media.asociacionzonasfrancas.org/media/publications/files/APROBACIONfinal-B-MAPA2019-AZFA-RETIRO-48x68cms-6.pdf>>. Acesso em: 13 jun. 2021.

\_\_\_\_\_. *Zonas francas 4.0: mayores oportunidades de negocio para la reactivación económica de Bogotá Región 2021*. Disponível em: <[Boletín\\_de\\_entorno\\_26\\_1.pdf](#) (asociacionzonasfrancas.org)>. Acesso em: 02 mar. 2022.

\_\_\_\_\_. *Manual de Zonas Francas 4.0. 2022*. Disponível em: <[https://www.media.asociacionzonasfrancas.org/media/publications/files/Manual\\_de\\_Zonas\\_Francas\\_4.0\\_-\\_2022.pdf](https://www.media.asociacionzonasfrancas.org/media/publications/files/Manual_de_Zonas_Francas_4.0_-_2022.pdf)>. Acesso em: 20 ago. 2022.

BABBIE, Earl. Métodos de pesquisas de survey. Belo Horizonte: Ed. da UFMG, 1999.

BEIER, Grischa et al. Industry 4.0: How it is defined from a sociotechnical perspective and how much sustainability it includes – A literature review. *Journal of cleaner production*, v. 259, p. 120856, 2020.

BITKOM; VDMA; ZVI. *Implementation strategy industrie 4.0: report on the results of the industrie 4.0 platform*. Frankfurt, Alemanha, 2016.

BRASIL. Decreto-Lei nº 288, de 28 de fevereiro de 1967. Altera as disposições da Lei nº 3.173, de 6 de junho de 1957, e regula a Zona Franca de Manaus. *Diário Oficial da União*: Seção 1, Brasília, DF, 28 fev. 1967.

BRASIL. Lei nº 8.387, de 30 de dezembro de 1991. Dá nova redação ao § 1º do art. 3º aos arts. 7º e 9º do Decreto-Lei nº 288, de 28 de fevereiro de 1967, ao caput do art. 37 do Decreto-Lei nº 1.455, de 7 de abril de 1976, e ao art. 10 da Lei nº 2.145, de 29 de dezembro de 1953, e dá outras providências. *Diário Oficial da União*: Seção 1, Brasília, DF, 30 dez. 1991.

BRASIL. Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços (MDIC), Ministério da Ciência Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC). *Perspectivas de Especialistas Brasileiros Sobre a Manufatura Avançada no Brasil*: Um relato de workshops realizados em sete capitais brasileiras em contraste com as experiências internacionais. Brasília: MDIC, MCTIC, 2016a. Disponível em: <

perspectivasdeespecialistassobreamanufaturaavanadanobrasil-2016-161129012506.pdf>.  
Acesso em: 26 mar. 2022.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC). *Estratégia nacional de ciência, tecnologia e inovação: 2016-2022: ciência, tecnologia e inovação para o desenvolvimento econômico e social*. Brasília: MCTIC, 2016b. Disponível em: <[http://www.mctic.gov.br/mctic/export/sites/institucional/arquivos/ASCOM\\_PUBLICACOE\\_S/encti\\_2016-2022.pdf](http://www.mctic.gov.br/mctic/export/sites/institucional/arquivos/ASCOM_PUBLICACOE_S/encti_2016-2022.pdf)>. Acesso em: 26 mar. 2022.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC). *Plano de Ciência, Tecnologia e Inovação para Manufatura Avançada no Brasil (ProFuturo – Produção do Futuro)*. Brasília: MCTIC, 2017a. Disponível em: <[https://www.mctic.gov.br/mctic/export/sites/institucional/tecnologia/tecnologias\\_convergentes/arquivos/Cartilha-Plano-de-CTI\\_WEB.pdf](https://www.mctic.gov.br/mctic/export/sites/institucional/tecnologia/tecnologias_convergentes/arquivos/Cartilha-Plano-de-CTI_WEB.pdf)>. Acesso em: 26 mar. 2022.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC). *Plano Nacional de Internet das Coisas*. Brasília: MCTIC, 2017b. Disponível em: <<https://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/conhecimento/pesquisaedados/estudos/estudo-internet-das-coisas-iot/estudo-internet--das-coisas-um-plano-de-acao-para-o-brasil>>. Acesso em: 26 mar. 2022.

BRASIL. Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços (MDIC). *Agenda Brasileira para a Indústria 4.0: o Brasil preparado para os desafios do futuro*. Brasília: MDIC, 2018. Disponível em: <[https://www.gov.br/suframa/pt-br/assuntos/industria4-0\\_cits\\_ahk.pdf](https://www.gov.br/suframa/pt-br/assuntos/industria4-0_cits_ahk.pdf)>. Acesso em: 26 mar. 2022.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC). *Plano Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação para tecnologias convergentes e habilitadoras – v. 4. Tecnologias para manufatura avançada*: MCTIC, 2020. Disponível em: <<https://antigo.mctic.gov.br/mctic/export/sites/institucional/tecnologia/Categoriadestaque/Arquivo/Plano-de-Acao-em-CTI-Manufatura-Avancada-VF.pdf>>. Acesso em: 26 mar. 2022.

BRITO, Carlos Emílio Bessa de. Territorialidade: a Zona Franca de Manaus e seu impacto socioeconômico no estado do Amazonas. *Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação*, v. 7, n. 2, p. 12-12, 2021.

CAI, Jun; XIN, Kai; ZHOU, YaHong. A Dynamic Panel Data Approach and HCW's Method: Assessing the Effect of China (Shanghai) Free Trade Zone on Local GDP. *Journal of Management Science and Engineering*, v. 6, n. 3, p. 249-267, 2021.

CAPDA. Comitê das Atividades de Pesquisa e Desenvolvimento na Amazônia. *Resolução nº 9 de 29 de outubro de 2019*. Estabelece os Programas Prioritários para Investimentos em Pesquisa e Desenvolvimento. 2019. Disponível em: <<https://www.in.gov.br/web/dou/-/resolucao-n-9-de-29-de-outubro-de-2019-226220981>>. Acesso em: 3 abr. 2022.

CASTILHO, Auriluce Pereira; BORGES, Nara Rubia Martins; PEREIRA, Vânia Tanús. *Manual de metodologia científica*. Itumbiara: Iles/UIbra, v. 201, 2017.

CAVALCANTE, Luiz Ricardo. Zona Franca de Manaus: uma revisão sistemática de impactos. *InterEspaço: Revista de Geografia e Interdisciplinaridade*, p. e202001-e202001, 2020.

CAVALCANTE, Zedequias Vieira; SILVA, Mauro Luís Siqueira da. *A importância da revolução industrial no mundo da tecnologia*. Repositório Digital UNICESUMAR, Maringá, VII EPCC, outubro, 2011. Disponível em: <<http://rdu.unicesumar.edu.br/handle/123456789/6395>>.

CIIP. Competitive Industries and Innovation Program; World Bank Group. *Special Economic Zones. An Operational Review of Their Impacts*. Washington D.C.: World Bank Group, 2017.

CÉSPEDES-TORRES, O. Metodología de análisis costo-beneficio de los regímenes de zonas francas en América Latina y el Caribe. *Zonas francas, comercio y desarrollo en América Latina y el Caribe. Análisis crítico de sus oportunidades y desafíos*. Washington, DC: Banco Interamericano de Desarrollo, 2012.

CHEN, Zhen; XING, Mingjie. Upgrading of textile manufacturing based on Industry 4.0. In: *5th International Conference on Advanced Design and Manufacturing Engineering*. Atlantis Press, 2015.

CHIZZOTTI, Antonio. *Pesquisa em ciências humanas e sociais*. São Paulo: Cortez Editora, 2018.

COELHO, Pedro Miguel Nogueira. *Rumo à indústria 4.0*. 2016. Tese de Doutorado. Universidade de Coimbra.

COOPER, Donald R.; SCHINDLER, Pamela S. *Métodos de Pesquisa em Administração*. 12. ed. Porto Alegre: McGraw Hill Brasil, 2016.

COUTINHO, Luciano. A terceira revolução industrial e tecnológica. As grandes tendências das mudanças. *Economia e sociedade*, v. 1, n. 1, p. 69-87, 1992. Disponível em: <<https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/ecos/article/view/8643306>>. Acesso em: 25 abr. 2021.

COSTA, Francisco de Assis. A economia colonial do Grão-Pará: uma avaliação crítica (1720-1822). *Economia e Sociedade*, v. 21, p. 197-219, 2012.

COSTA, Vitor Hugo Santis; BATISTA, Larissa Sussuarana; COSTA, Robson Antonio Tavares. Políticas públicas para a ciência e tecnologia: desenvolvimento científico e tecnológico no Brasil. *Revista Portuguesa Interdisciplinar*, v. 1, n. 01, p. 01-13, 2020.

CRESWELL, John W.; CRESWELL, J. David. *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches*. Thousand Oaks: Sage publications, 2017.

DAVIES, Robert; COOLE, Tim; SMITH, Alistair. Review of socio-technical considerations to ensure successful implementation of Industry 4.0. *Procedia Manufacturing*, v. 11, p. 1288-1295, 2017.

DELOITTE. *2016: Global Manufacturing Competitiveness Index*, 2016. Disponível em: <<https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/global/Documents/Manufacturing/gx-global-mfg-competitiveness-index-2016.pdf>>. Acesso em: 01 mar. 2022.

DIEGUES, Antônio Carlos; ROSELINO, José Eduardo. *Indústria 4.0 e as redes globais de produção e inovação em serviços intensivos em tecnologia: uma tipologia e apontamentos de política industrial e tecnológica*. Instituto de Economia, UNICAMP, 2019.

DIEGUES, Antonio Carlos; ROSELINO, José Eduardo. Política Industrial e Indústria 4.0: a retomada do debate em um cenário de transformações no paradigma tecnoprodutivo. *Revista Brasileira de Inovação*, v. 19, 2021.

ELMI, Nima; BROEKAERT, Kris; LARSEN, Anne-Marie Engtoft. Agile Governance: Reimagining Policy-Making in the Fourth Industrial Revolution. In: *White Paper. World Economic Forum, January*, 2018.

ETZKOWITZ, Henry. *The triple helix: Industry, university, and government in innovation*. 1.ed. Nova Iorque: Routledge, 2008.

EUROPEAN PARLIAMENT. *Industry 4.0*. União Europeia, 2016. Disponível em: <[https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2016/570007/IPOL\\_STU\(2016\)570007\\_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2016/570007/IPOL_STU(2016)570007_EN.pdf)> Acesso em: 5 mai. 2021.

FAROLE, Thomas et al. *Special Economic Zones: What have we learned?* World Bank, Poverty Reduction and Economic Management Network, 2011.

FAROLE, T.; AKINCI, G. *Special Economic Zones: Progress, Emerging Challenges, and Future Directions*. World Bank Group, 2011. Disponível em: <<https://openknowledge.worldbank.org/bitstream/handle/10986/2341/638440PUB0Exto00Box0361527B0PUBLIC0.pdf>>. Acesso em: 2 mar. 2022.

FARR, James; HACKER, Jacob S.; KAZEE, Nicole. The policy scientist of democracy: The discipline of Harold D. Lasswell. *American political science review*, v. 100, n. 4, p. 579-587, 2006.

FÁVERO, L. P. et al. *Análise de dados – Modelagem multivariada para tomada de decisões*. Rio de Janeiro: Elsevier, 2009.

FELSBERGER, Andreas et al. The impact of Industry 4.0 on the reconciliation of dynamic capabilities: Evidence from the European manufacturing industries. *Production Planning & Control*, v. 33, n. 2-3, p. 277-300, 2022.

FERREIRA, Valdinéia Barreto. *E-science e políticas públicas para ciência, tecnologia e inovação no Brasil*. Salvador: EDUFBA, 2018.

FLICK, Uwe. *Introdução à pesquisa qualitativa*. 3. ed. Porto Alegre: Artmed Editora, 2008.

FONSECA, J. J. S. *Metodologia da pesquisa científica*. Fortaleza: UEC, 2002.

FONSECA, Regina Célia Veiga da. *Metodologia do trabalho científico*. Curitiba: IESDE, 2012.

FRASKE, Tim. Industry 4.0 and its geographies: A systematic literature review and the identification of new research avenues. *Digital Geography and Society*, p. 100031, 2022.

FREITAS, R. M.; BRACHER, E. R. F.; COSTA, L. P.; SOUZA, A. M. O. Amazônia Ocidental e SUFRAMA: Desenvolvimento Regional, Institucionalidade e Governança. *Boletim estatísticas públicas*, v. 1, p. 35-51, 2015.

FULLER, B.; ROMER, P. *Success and the City: How Chartered Cities Could Transform the Developing World?* A McDonald-Laurier Institute publication, April, 2012.

GARCÍA-CACERES, Rafael Guillermo; OSPINA-ESTUPIÑAN, Héctor Rodrigo. Evolución del modelo de zonas francas permanentes en el mundo: Con un énfasis en el caso Latinoamericano. *Dyna*, v. 84, n. 202, p. 221-229, 2017.

GASPARIN, João Luiz.; SILVA, Márcia Cristina Amaral da. A segunda revolução industrial e suas influências sobre a educação escolar brasileira. HISTEDBR - VII Seminário Nacional de Estudos e Pesquisas. Campinas: UNICAMP, 2006. Disponível em: <[https://timelinefy-space-001.nyc3.digitaloceanspaces.com/files/4/4\\_XOKIYEOCSTZD9YY7QDQBUIIPQICIPYEM.pdf](https://timelinefy-space-001.nyc3.digitaloceanspaces.com/files/4/4_XOKIYEOCSTZD9YY7QDQBUIIPQICIPYEM.pdf)>. Acesso em: 05 set. 2021.

GIL, A. C. *Como elaborar projetos de pesquisa*. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

GÓMEZ ZALDÍVAR, Fernando; MOLINA, Edmundo. Zonas Económicas Especiales y su impacto sobre el desarrollo económico regional. *Problemas del desarrollo*, v. 49, n. 193, p. 11-32, 2018.

GRAY, David E. *Pesquisa no mundo real*. 2. ed. Porto Alegre: Penso Editora, 2012.

GUTIÉRREZ, Mirna. Las Zona Francas avanzan rumbo a la era 4.0. *Forbes Centroamérica*, 27 de jul. de 2020. Disponível em: <<https://forbescentroamerica.com/2020/07/27/zonas-francas-avanzan-cuarta-revolucion-industrial/>> Acesso em: 13 jun. 2021.

HAIR JR, J. F. et al. *Análise multivariada de dados*. Porto Alegre: Bookman, 2005.

HERMANN, Mario; PENTEK, Tobias; OTTO, Boris. Design principles for industrie 4.0 scenarios. In: *49th Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS)*. IEEE, 2016, p. 3928-3937.

HOLLAND, Márcio et al. *Zona Franca de Manaus: Impactos, Efetividade e Oportunidades*. São Paulo: FGV EESP, 2019.

HOLDREN, J. P. et al. A National strategic plan for advanced manufacturing. *US National Science and Technology Council*, Washington, DC, 2012.

HOBBSAWM, Eric. *Da Revolução Industrial Inglesa ao Imperialismo*. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 2003.

IEDI. Instituto de Estudos para o Desenvolvimento Industrial. Indústria 4.0: A política industrial da Alemanha para o futuro. São Paulo, *Carta IEDI*, n. 807, 29.09.2017, 30 p., 2017b.

\_\_\_\_\_. Indústria 4.0: O plano estratégico da Manufatura Avançada nos Estados Unidos. São Paulo, *Carta IEDI*, n. 820, 11.12.2017, 38 p., 2017c.

\_\_\_\_\_. Indústria 4.0: A iniciativa Made in China 2025. São Paulo, *Carta IEDI*, n. 827, 26.01.2018, 38 p., 2018.

ITIKAWA, Maurício; SANTIAGO, Sandro Breval. A Systematic Review on Industry 4.0 Maturity Metrics in the Manaus Free Trade Zone. *International Journal of Advanced Engineering Research and Science*, v. 8, p. 1, 2021.

IZERROUGENE, Bouzid. Inovação Tecnológica e Ciclo Econômico. *Revista da Sociedade Brasileira de Economia Política*, Uberlândia, v. 35, p. 71-90, 2013.

JENNINGS, Michael D. Gap analysis: concepts, methods, and recent results. *Landscape ecology*, v. 15, n. 1, p. 5-20, 2000.

JUNIOR, Armando Araújo de Souza et al. The RD&I policy in Manaus Free Trade Zone: Opportunities and Challenges for the Implementation of the Industry 4.0. *European Journal of Business and Management Research*, v. 7, n. 1, p. 229-235, 2022.

JÚNIOR, Leopoldo Augusto Melo Montenegro et al. Development of Industry 4.0 in the Manaus Industrial Hub from priority programs (Desenvolvimento da Indústria 4.0 no PIM a partir de programas prioritários). *Brazilian Journal of Development*, v. 7, n. 12, p. 117480-117496, 2021.

KAGERMANN, H.; WAHLSTER, W.; HELBIG, J. *Recommendations for implementing the strategic initiative industrie 4.0: final report of the industrie 4.0*. Frankfurt, Alemanha: Forschungsunion, 2013.

KAMBLE, Sachin S.; GUNASEKARAN, Angappa; GAWANKAR, Shradha A. Sustainable Industry 4.0 framework: A systematic literature review identifying the current trends and future perspectives. *Process safety and environmental protection*, v. 117, p. 408-425, 2018.

KARRE, Hugo et al. Transition towards an Industry 4.0 state of the LeanLab at Graz University of Technology. *Procedia manufacturing*, v. 9, p. 206-213, 2017.



KHAN, Iqra Sadaf; AHMAD, Muhammad Ovais; MAJAVA, Jukka. Industry 4.0 and sustainable development: A systematic mapping of triple bottom line, Circular Economy and Sustainable Business Models perspectives. *Journal of Cleaner Production*, v. 297, p. 126655, 2021.

KHAN, Ateeq; TUROWSKI, Klaus. A perspective on industry 4.0: From challenges to opportunities in production systems. In: *International Conference on Internet of Things and Big Data*. SCITEPRESS, p. 441-448, 2016.

KIM, Sora; JI, Yingru. Gap Analysis. *The International Encyclopedia of Strategic Communication*, p. 1-6, 2018.

KUO, Chu-Chi; SHYU, Joseph Z.; DING, Kun. Industrial revitalization via industry 4.0—a comparative policy analysis among China, Germany and the USA. *Global transitions*, v. 1, p. 3-14, 2019.

LIMA, Elaine Carvalho de; NETO, Calisto Rocha de Oliveira. Revolução Industrial: considerações sobre o pioneirismo industrial inglês. *Revista Espaço Acadêmico*, v. 17, n. 194, p. 102-113, 2017.

LIMA, Alison Gustavo; PINTO, Giuliano Scombatti. Indústria 4.0: um novo paradigma para a indústria. *Revista Interface Tecnológica*, v. 16, n. 2, p. 299-311, 2019.

LIU, Guo et al. Additive manufacturing of structural materials. *Materials Science and Engineering: R: Reports*, p. 100596, 2021.

LOPES, Charles Luís Rodrigues Lopes; GARCIA, Marcus Valério Rocha; ASSUMPÇÃO, Thiago Alexandre Alves de. As revoluções industriais e o surgimento do proletariado urbano. *Brasil Para Todos – Revista Internacional*, v. 8, n. 1, p. 22-26, 2020.

LUCAS, Luis Otávio; SILVA, Diego Rafael de Moraes. La difusión de innovaciones en la estrategia nacional de CT&I en Brasil. *Administración Pública y Sociedad (APyS)*, n. 4, p. 36-52, 2017.

MALHOTRA, N. K. *Pesquisa de marketing: Uma orientação aplicada*. 6. ed. Porto Alegre: Bookman, 2012.

MALVEIRA, Willian. *Economia & horizontes da Amazônia*. Manaus: Editora Valer, 2009.

MARCONI, M. de A.; LAKATOS, E. M. *Metodologia Científica*. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2011.

MARSON, Michel Deliberali. A industrialização brasileira antes de 1930: uma contribuição sobre a evolução da indústria de máquinas e equipamentos no estado de São Paulo, 1900-1920. *Estudos Econômicos (São Paulo)*, v. 45, n. 4, p. 753-785, 2015.

MARTINS, R. A. Abordagens quantitativa e qualitativa. In: MIGUEL, P. A. C. (Org.). *Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações*. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012, p. 45-61.

MDIC. Gabinete do Ministro. *Portaria n° 728-SEI, de 25 de maio de 2017*. Institui Grupo de Trabalho para elaborar e propor uma Estratégia Nacional para a Indústria 4.0 (GTI4.0) – 2017-2022. Disponível em: <[https://www.in.gov.br/materia/-/asset\\_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/20237684/UCEQITzKXPYVi6cWuD3q0ksQ](https://www.in.gov.br/materia/-/asset_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/20237684/UCEQITzKXPYVi6cWuD3q0ksQ)>. Acesso em: 3 abr. 2022.

MDIC. Gabinete do Ministro. *Portaria n° 2.091-SEI, de 17 de dezembro de 2018*. Aprova metodologia a ser adotada nos investimentos em pesquisa, desenvolvimento e inovação voltados para a indústria 4.0 na Zona Franca de Manaus e cria o Selo da Indústria 4.0. Disponível em: <[https://www.in.gov.br/materia/-/asset\\_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/56127454/do1-2018-12-20-portaria-n-2-091-sei-de-17-de-dezembro-de-2018-56127439](https://www.in.gov.br/materia/-/asset_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/56127454/do1-2018-12-20-portaria-n-2-091-sei-de-17-de-dezembro-de-2018-56127439)>. Acesso em: 3 abr. 2022.

MENELAU, Sueli et al. Mapeamento da produção científica da Indústria 4.0 no contexto dos BRICS: reflexões e interfaces. *Cadernos EBAPE. BR*, v. 17, p. 1094-1114, 2020.

MIN, Jeehee et al. The fourth industrial revolution and its impact on occupational health and safety, worker's compensation and labor conditions. *Safety and health at work*, v. 10, n. 4, p. 400-408, 2019.

MINCIT. Ministerio de Comercio, Industria y Turismo. *Se modifica el régimen de zonas francas*. Mincomercio, 15 de mar. de 2021. Disponível em: <<https://www.mincit.gov.co/prensa/noticias/industria/se-modifica-el-regimen-de-zonas-francas>>. Acesso em: 13 jun. 2021.

MOGOS, Maria Flavia; ELEFTherIADIS, Ragnhild J.; MYKLEBUST, Odd. Enablers and inhibitors of Industry 4.0: results from a survey of industrial companies in Norway. *Procedia Cirp*, v. 81, p. 624-629, 2019.

MONTE REY, Kamyle Medina. *Zona Franca de Manaus: análise dos 50 anos de atuação estatal no âmbito da Suframa em busca da promoção do desenvolvimento da Amazônia*. Dissertação (Mestrado em Governança) – Escola Nacional de Administração Pública. Brasília, 2019. Disponível em: <<http://repositorio.enap.gov.br/handle/1/4341>>.

MOREIRA JR., Hermes. A política de inovação do Governo Obama como estratégia de recuperação econômica e manutenção da liderança internacional. *OIKOS – Revista do Programa de Pós-Graduação em Economia Política Internacional da UFRJ*, v. 15, p. 21-35, 2016.

MOREIRA JR., Hermes. Indústria 4.0 e novas dimensões tecnológicas no centro da economia-mundo capitalista: perspectivas para o Brasil. *OIKOS (Rio de Janeiro)*, v. 19, n. 2, 2020.

MORRAR, Rabeh; ARMAN, Husam; MOUSA, Saeed. The fourth industrial revolution (Industry 4.0): A social innovation perspective. *Technology Innovation Management Review*, v. 7, n. 11, p. 12-20, 2017.

MURARO, Leopoldo Gomes et al. Os Desafios da estratégia nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação – ENCTI 2016/2022: Federalismo e Política Pública de CT&I no Brasil. *Revista de Empreendedorismo, Negócios e Inovação*, v. 6, n. 1, p. 4-30, 2021.

NETO, Anis Assad et al. A busca de uma identidade para a indústria 4.0. *Brazilian Journal of Development*, v. 4, n. 4, p. 1379-1395, 2018.

OIT. Organização Internacional do Trabalho. *Manual Sindical sobre as Zonas Francas de Exportação*, 2014. Disponível em: <[http://www.ilo.org/public/libdoc/ilo/2014/114B09\\_142\\_span.pdf](http://www.ilo.org/public/libdoc/ilo/2014/114B09_142_span.pdf)>. Acesso em: 12 jun. 2021.

OLIVEIRA, Joelmo Jesus de. Ciência, tecnologia e inovação no Brasil: poder, política e burocracia na arena decisória. *Revista de Sociologia e Política*, v. 24, p. 129-147, 2016.

OTTONICAR, Selma Leticia Capinzaiki; VALENTIM, Marta Lúcia Pomim; MOSCONI, Elaine. Políticas públicas aplicadas à indústria 4.0: estudo comparativo entre o Brasil e o Canadá com foco na competência em informação. *Revista Ibero-Americana de Ciência da Informação*, v. 12, n. 2, p. 558-584, 2019.

PÁDUA, E. M. M. de. *Metodologia da pesquisa: abordagem teórico-prática*. 1. ed. Campinas: Papirus Editora, 2019.

PAULA, Ana Paula Paes de; PAES, Kettle Duarte. Fordismo, pós-fordismo e ciberfordismo: os (des) caminhos da Indústria 4.0. *Cadernos EBAPE. BR*, v. 19, p. 1047-1058, 2022.

PANWAR, Rajat; HANSEN, Eric; KOZAK, Robert. Evaluating social and environmental issues by integrating the legitimacy gap with expectational gaps: An empirical assessment of the forest industry. *Business & Society*, v. 53, n. 6, p. 853-875, 2014.

PASQUINI, Nilton Cesar. Revoluções Industriais: uma abordagem conceitual. *Revista Tecnológica da Fatec Americana*, v. 8, n. 1, p. 29-44, 2020.

PIAGGE, R. M. D. *Fatores Críticos de Sucesso em implantações de sistemas de suporte a decisão em departamentos de planejamento e controle de produção: estudos de caso*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de São Carlos, São Paulo, 2018.

PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. de. *Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico*. 2. ed. Novo Hamburgo: Editora Feevale, 2013.

PHUYAL, Sudip; BISTA, Diwakar; BISTA, Rabindra. Challenges, Opportunities and Future Directions of Smart Manufacturing: A State of Art Review. *Sustainable Futures*, v. 2, p. 100023, 2020.

REY, Kamyle Medina Monte; JÚNIOR, JCPC. A Zona Franca de Manaus pós Constituição Federal de 1988: trinta anos de desafios para a reinvenção do modelo de desenvolvimento da Amazônia. *C&Trópico*, Recife, v. 43, 2020, p. 227-252.

RIBEIRO, Joaquim Meireles. *O conceito da indústria 4.0 na confecção: análise e implementação*. (Dissertação de Mestrado) - Universidade do Minho, Braga, 2017. Disponível em: <<https://hdl.handle.net/1822/49413>>.

RODRIGUES, Pedro Vitor de Paula de Las Villas; ROSSIGNOLI, Marisa. ZONA FRANCA DE MANAUS E PROTOCOLO DE NAGOYA: uma análise das possibilidades de Desenvolvimento Regional. *Revista Húmus*, [S. l.], v. 11, n. 33, 2021. Disponível em:<<https://periodicoseletronicos.ufma.br/index.php/revistahumus/article/view/15205>>. Acesso em: 28 ago. 2022.

RÜßMANN, Michael et al. Industry 4.0: The future of productivity and growth in manufacturing industries. *Boston Consulting Group*, v. 9, n. 1, p. 54-89, 2015.

SACOMANO, José Benedito et al. *Indústria 4.0*. São Pulo: Editora Blucher, 2018.

SAKURAI, Ruudi; ZUCHI, Jederson Donizete. As revoluções industriais até a indústria 4.0. *Revista Interface Tecnológica*, v. 15, n. 2, p. 480-491, 2018.

SANTOS, A. R. *Metodologia científica: a construção do conhecimento*. Rio de Janeiro: DP&A, 1999.

SANTOS, Beatrice Paiva et al. Indústria 4.0: desafios e oportunidades. *Revista Produção e Desenvolvimento*, v. 4, n. 1, p. 111-124, 2018.

SCHWAB, Klaus; DAVIS, Nicholas. *Aplicando a quarta revolução industrial* São Paulo: Edipro, 2018.

SEABRA, Izabel Cristina Nogueira; CARVALHO, Carlos Henrique Soares; MATIAS, Jefferson Ortiz. O ambiente de inovação percebido pelas indústrias beneficiadas pela lei de informática no Pólo Industrial de Manaus (PIM)-Amazonas. *Amazon Business Research*, n. 2, p. 57-80, 2018.

SEVERINO, A. J. *Metodologia do trabalho científico*. São Paulo: Editora Cortez, 2017.

SILVA, Eduardo Filipe da; KAWAKAME, Marcelo dos Santos. Logística 4.0: Desafios e inovações. In: IX CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, Ponta Grossa. dezembro, 2019. Disponível em: <[http://aprepro.org.br/combrep/2019/anais/arquivos/09272019\\_160930\\_5d8e6626548f1.pdf](http://aprepro.org.br/combrep/2019/anais/arquivos/09272019_160930_5d8e6626548f1.pdf)>.

SILVA, Michele Lins Aracaty et al. Análise do modelo Zona Franca de Manaus com base nas teorias de desenvolvimento regional. In: X SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE DESENVOLVIMENTO REGIONAL, Santa Cruz do Sul: setembro, 2019.

SILVA, M. C. A. da; GASPARIN, J. L. *A Segunda Revolução Industrial e suas influências sobre a Educação Escolar Brasileira*, 2015. Disponível em: <[https://timelinefy-space-001.nyc3.digitaloceanspaces.com/files/4/4\\_XOKIYEOCSTZD9YY7QDQBUUIPQICIPYEM.pdf](https://timelinefy-space-001.nyc3.digitaloceanspaces.com/files/4/4_XOKIYEOCSTZD9YY7QDQBUUIPQICIPYEM.pdf)>. Acesso em: 8 mai. 2021.

SILVA, D. B. da et al. O Reflexo da Terceira Revolução Industrial na Sociedade. In: *Encontro Nacional de Engenharia de Produção*, 22., 2002, Curitiba, ABEPRO, 2012. Disponível em: <[http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2002\\_tr82\\_0267.pdf](http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2002_tr82_0267.pdf)>. Acesso em: 8 mai. 2021.

SILVA, Danilo Goulart da. *Indústria 4.0: conceito, tendências e desafios*. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2017.

SILVA, R. M. et al. Modelagem de Sistema de Controle da Indústria 4.0 baseada em Holon, Agente, Rede de Petri e Arquitetura orientada a serviços. In: 12º Simpósio Brasileiro de Automação Inteligente Natal: outubro, 2015.

SISQUEIRA CURTO VALLE, Rita de Cassia et al. A evolução por meio das revoluções: um paralelo com a engenharia têxtil. *Química têxtil*, v. 45, n. 139, p. 38-44, 2021.

SOUZA, Cláudio José de; SILVINO, Zenith Rosa. Produções do mestrado profissional em enfermagem: Universidade Federal de Santa Catarina, 2013-2016. *Revista Brasileira de Enfermagem*, v. 71, p. 2751-2757, 2018.

SOUZA, Ranniéry Mazzilly Silva de; JUNIOR, Nilson José de Oliveira. Análise da história da Zona Franca de Manaus com base na teoria institucional. *Direitos humanos e ambiente saudável: o caso do igarapé do Mindu, Manaus–Am*, Revista Onis Ciência, Braga, V. VIII, Ano VIII Nº 25, maio/agosto 2020.

SUFRAMA, Superintendência da Zona Franca de Manaus. *Estudo para o desenvolvimento de uma solução integrada relativa à gestão dos resíduos industriais no polo industrial de Manaus*. Recuperado em: <[https://www.gov.br/suframa/pt-br/publicacoes/copy\\_of\\_newsletter\\_nr001\\_pt.pdf](https://www.gov.br/suframa/pt-br/publicacoes/copy_of_newsletter_nr001_pt.pdf)>, v. 24, 2017.

SUFRAMA. Conselho de Administração da Suframa – CAS. *Resolução nº 40/2018, de 10 de maio de 2018*. Disciplina a elaboração de projetos e a execução do cumprimento da obrigação de Investimento em atividades de pesquisa, desenvolvimento e inovação na Amazônia Ocidental ou no estado do Amapá para a Indústria 4.0, para as empresas que produzem bens de informática beneficiados no âmbito da Zona Franca de Manaus, bem como aquelas que tem aplicação em pesquisa, desenvolvimento e inovação por meio da dispensa de etapa do processo produtivo básico prevista em Portarias Interministeriais específicas. Manaus: CAS, 2018. Disponível em: <[https://www.in.gov.br/materia/-/asset\\_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/15134973/do1-2018-05-21-resolucao-n-40-de-10-de-maio-de-2018-15134969#:~:text=Disciplina%20a%20elabora%C3%A7%C3%A3o%20de%20projetos,Franc a%20de%20Manaus%2C%20bem%20como](https://www.in.gov.br/materia/-/asset_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/15134973/do1-2018-05-21-resolucao-n-40-de-10-de-maio-de-2018-15134969#:~:text=Disciplina%20a%20elabora%C3%A7%C3%A3o%20de%20projetos,Franc a%20de%20Manaus%2C%20bem%20como)>. Acesso em: 3 abr. 2022.

SUFRAMA, *Indicadores de Desempenho do Polo Industrial de Manaus 2016 – 2021*. 2021 Disponível em: <[https://www.gov.br/suframa/pt-br/publicacoes/indicadores/caderno\\_indicadores\\_janeiro\\_marco\\_2021\\_gerado\\_27-05-2021\\_.pdf](https://www.gov.br/suframa/pt-br/publicacoes/indicadores/caderno_indicadores_janeiro_marco_2021_gerado_27-05-2021_.pdf)>. Acesso em: 20 jun. 2021.

SUFRAMA, *Indicadores de Desempenho do Polo Industrial de Manaus 2016 – 2021*. 2021 Disponível em: <[https://www.gov.br/suframa/pt-br/publicacoes/indicadores/caderno\\_de\\_indicadores\\_janeiro\\_dezembro\\_2021\\_gerado\\_10-02-2022\\_.pdf](https://www.gov.br/suframa/pt-br/publicacoes/indicadores/caderno_de_indicadores_janeiro_dezembro_2021_gerado_10-02-2022_.pdf)>. Acesso em: 5 mar. 2022.

SUFRAMA, *Planejamento Estratégico da SUFRAMA 2010*. 2010. Disponível em: <[https://www.gov.br/suframa/pt-br/publicacoes/plano\\_estrategico\\_suframa\\_res43cas\\_07042010.pdf](https://www.gov.br/suframa/pt-br/publicacoes/plano_estrategico_suframa_res43cas_07042010.pdf)>. Acesso em: 27 jun. 2021.

UNCTAD. *World Investment Report 2019 Special Economic Zones*. Genebra, ONU, 2019.

UNESCO. *Unesco Science Report: towards 2030*. Paris: Unesco Publishing, 2015.

WANG, Ben. The future of manufacturing: a new perspective. *Engineering*, v. 4, n. 5, p. 722-728, 2018.

WARTICK, Steven Leslie; WOOD, Donna J. *International business and society*. 1. ed. Malden: Blackwell Publishers, 1998.

VAITSMAN, Jeni; RIBEIRO, José Mendes; LOBATO, Lenaura de Vasconcelos Costa. Análise de políticas, políticas de saúde e a Saúde Coletiva. *Physis: Revista de Saúde Coletiva*, v. 23, n. 2, p. 589-611, 2013.

VALENCIA GARCÍA, Alejandro. *El Plan Made in China 2025: desarrollo de Industrias 4.0 en China y sus impactos en las relaciones políticas y economías con sus principales socios comerciales*. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidad Pontificia Comillas, Madrid, 2021.

VELHO, Lea. Conceitos de ciência e a política científica, tecnológica e de inovação. *Sociologias*, v. 13, p. 128-153, 2011.

VENÂNCIO, André Luiz Alcântara Castilho; BREZINSKI, Guilherme Louro. *Sistema de avaliação de maturidade industrial baseando-se nos conceitos de Indústria 4.0*. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2017.

VENTURA, Magda Maria. O estudo de caso como modalidade de pesquisa. *Revista SoCERJ*, v. 20, n. 5, p. 383-386, 2007.

VERMULM, Roberto et al. *Políticas para o desenvolvimento da indústria 4.0 no Brasil*. São Paulo: IEDI, 2018. 30 p.

VIEIRA, Simone Pereira Damascena. *As influências do fordismo tradicional no processo produtivo de calçados: um estudo de caso na Luige calçados em Muritiba-BA*. Trabalho de

Conclusão de Curso. Muritiba, 2020. Disponível em: <  
<http://famamportal.com.br:8082/jspui/handle/123456789/1817>>.

VIOTTI, Eduardo Baumgratz; MACEDO, Mariano de Matos. Indicadores de ciência, tecnologia e inovação no Brasil. In: *Revista Brasileira de Inovação*. Campinas, 2003, p. 614-614.

WFZO – World Free Zones Organization. *World Free Zones Organization Outlook Report 2020*. Dubai, 2020.

YIN, R. K. *Estudo de Caso. Planejamento e Métodos*. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2015.

ZENG, Douglas Zhihua. Global experiences with special economic zones: Focus on China and Africa. *World Bank Policy Research Working Paper*, n. 7240, 2015.

ZENG, Douglas Zhihua. Special economic zones: Lessons from the global experience. *PEDL synthesis paper series*, v. 1, p. 1-28, 2016.

ZHANG, Ce; YANG, Jianming. *A History of Mechanical Engineering*. Springer, 2020.

ZHOU, Keliang; LIU, Taigang; ZHOU, Lifeng. Industry 4.0: Towards future industrial opportunities and challenges. In: *12th International conference on fuzzy systems and knowledge discovery (FSKD)*. IEEE, 2015, p. 2147-2152.

**APÊNDICE I**Questionário – *Survey*

Pesquisa - Dissertação de Mestrado no PPGEP da UFAM.

1. A empresa que você trabalha ou representa está cadastrada na Suframa?

- Sim
- Não
- Não sabe

2. A empresa que você trabalha ou representa recebe incentivos fiscais administrados pela Suframa?

- Sim
- Não
- Não sabe

3. Em qual dos subsetores abaixo relacionados a empresa que você trabalha ou representa melhor se enquadra?

- Eletroeletrônicos/bens de informática;
- Relojoeiro;
- Duas rodas;
- Termoplástico;
- Metalúrgico;
- Mecânico;
- Papel e papelão;
- Químico;
- Isqueiros, canetas e barbeadores descartáveis.

4. Você conhece algum plano, estratégia ou política pública do Governo Federal voltada ao fomento de atividades de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação – PD&I?

- Conheço totalmente
- Conheço parcialmente
- Indiferente
- Desconheço parcialmente



Desconheço totalmente

5. Você conhece iniciativas de fomento à Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação – PD&I no Polo Industrial de Manaus?

Conheço totalmente

Conheço parcialmente

Indiferente

Desconheço parcialmente

Desconheço totalmente

6. A empresa que você trabalha ou representa tem projetos ou iniciativas voltadas à PD&I?

Sim

Não

Não sei

7. Você conhece o termo Indústria 4.0 ou Manufatura Avançada?

Conheço totalmente

Conheço parcialmente

Indiferente

Desconheço parcialmente

Desconheço totalmente

8. Dentre os conceitos abaixo relacionados à I4.0, marque aqueles com os quais você trabalha:

Análise e big data;

Robôs autônomos;

Simulação 3D;

Integração horizontal e vertical de sistemas;

Internet das coisas na indústria;

Cyber segurança;

Computação em nuvem;

Manufatura aditiva;

Realidade aumentada.

Não trabalho com nenhum.

9. Você conhece iniciativas de fomento à Indústria 4.0 no Polo Industrial de Manaus?

- Conhecimento totalmente
- Conhecimento parcialmente
- Indiferente
- Desconhecimento parcialmente
- Desconhecimento totalmente

10. A empresa que você trabalha ou representa tem projetos ou iniciativas voltadas à Indústria 4.0?

- Sim
- Não
- Não sei

11. A empresa que você trabalha ou representa tem alguma obrigação de investimento em Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação – PD&I?

- Sim
- Não
- Não sei

12. Caso a resposta seja sim para a questão anterior, a empresa que você trabalha ou representa investe em algum projeto de PD&I voltado à Indústria 4.0?

- Sim
- Não
- Não sei

13. Caso a resposta seja sim para a questão anterior, a empresa que você trabalha ou representa investe na Indústria 4.0 com base em quais normativas/legislações:

- Resolução n° 40/18 do Conselho de Administração da Suframa;
- Portaria n° 2.091/18-SEI do Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços;
- Resolução n° 09/19 do Comitê das Atividades de Pesquisa e Desenvolvimento da Amazônia;
- Nenhuma das normativas/legislações anteriores;
- Não sei informar.

14. Qual é o seu nível de satisfação com o desenvolvimento da Indústria 4.0 no Polo Industrial de Manaus?

- Totalmente satisfeito
- Parcialmente satisfeito
- Indiferente
- Parcialmente insatisfeito
- Totalmente insatisfeito.

15. Qual é o seu nível de satisfação com o desenvolvimento da Industria 4.0 na empresa que você trabalha?

- Totalmente satisfeito
- Parcialmente satisfeito
- Indiferente
- Parcialmente insatisfeito
- Totalmente insatisfeito.

16. Pensando em uma escala de 1 a 5 em que 1 é “Não está nada bem” e 5 é “está muito bem”, como você avalia a política pública para o desenvolvimento da Industria 4.0 no Polo Industrial de Manaus, de uma forma geral?

Não está nada bem			Está muito bem	
1	2	3	4	5
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

17. Pensando em uma escala de 1 a 5 na qual 1 é “Não ajudaria em nada” e 5 é “ajudaria muito”, avalie as seguintes iniciativas para o desenvolvimento da Industria 4.0 no Polo Industrial de Manaus:

	Não ajudaria em nada			Ajudaria muito	
CONCEITO	1	2	3	4	5
Capacitação e Treinamento em I4.0					
Novas leis, normativas, planos e estratégias					
Linhas de Financiamento e Fundos de Investimentos					
Priorizar a Inovação					
Criar novos ICT's					
Novas formas de parcerias público – privadas					
Maior participação das Universidades					
Potencializar a Infraestrutura Industrial					